

Jyri Kossila

# **Energiamääräykset ja pientalon energiatehokkuus**

Opinnäytetyö

Kevät 2012

Tekniikan yksikkö

Talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Koulutusohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Jyri Kossila

Työn nimi: Energiamääräykset ja pientalon energiatehokkuus

Ohjaaja: Marita Viljanmaa

Vuosi: 2012

Sivumäärä: 60

Liitteiden lukumäärä: 20

---

Ensimmäisenä käydään läpi lainsäädäntö, jonka perusteelta rakentamismääräyskokoelmat tehdään. Tämän jälkeen käydään läpi rakentamismääräyskokoelman osat D3 ja D5 yksityiskohtaisesti, jonka jälkeen suoritetaan energiatehokkuusselvitys vuonna 2007 rakennettuun pientaloon. Energiatehokkuus määritetään ohjelmalla nimeltä Energiajunior 7.1. Ohjelma on tehty rakentamismääräyskokoelman osien D3 ja D5 mukaan. Työssä myös esitetään parannusehdotuksia nykyisiin rakenteisiin, joilla parannettaisi energiatehokkuutta. Myös muita mahdollisia parannus vaihtoehtoja esitetään ekologisemman rakennuksen aikaansaamiseksi.

Uudistuneissa määräyksissä siirrytään kohti kokonaisenergian tarkastelua eli E-luvun määrittystä mikä on opinnäytetyön pääaihe. Selvitetään laskennat mitkä liittyvät E-luvun laskentaan. Työssä käydään myös läpi, mitä uusia materiaaleja on tullut markkinoille energiamääräysten tiukkenemisen johdosta.

Avainsanat: rakentamismääräykset, energiatehokkuus, lämmön johtuminen

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Jyri Kossila

Title of thesis: Energy regulations and energy efficiency of a small house

Supervisor: Marita Viljanmaa

Year: 2012

Number of pages: 60

Number of appendices: 20

---

The main topic in the thesis is to clarify the calculations on the total energy number of the building. Energy number is called E-number. The study will also introduce some new materials that have entered the market due the tightening energy regulations.

The first task in the thesis is to go through the law which is the foundation of The National Building Code of Finland. From it there are two sections that will be the main parts of the thesis. On the basis of these two sections there will be two energy efficiency reports made of a small house built in 2007. The efficiency reports are made with program called Energiajunior 7.1. The work also gives suggestions for improvements in the existing structures improving the energy efficiency.

Keywords: energy efficiency, heat conduction, The National Building Code of Finland

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	8
1 Johdanto .....	13
2 Lainsäädäntö.....	14
2.1 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU .....	14
2.2 Energiatodistus .....	14
2.3 Rakentamismääräykset.....	15
3 Rakennusten energiatehokkuus.....	17
4 E-luvun laskenta.....	20
5 Rakennuksen lämpöhäviöt .....	23
5.1 Rakennusosien lämpöhäviöenergiat .....	23
5.2 Vaipan ilmavuodot.....	24
5.3 Ilmanvaihdon lämpöhäviöt ja ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia .....	25
5.4 Lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat .....	26
5.5 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia.....	28
6 Käyttöveden lämmitystarve .....	30
7 Laitteiden sähköenergiankulutus.....	32
7.1 Ilmanvaihtojärjestelmä .....	33
7.2 Muut sähkölaitteet .....	33
7.3 Valaistus .....	34
8 Lämpökuormat .....	36
8.1 Henkilöiden luovuttama lämpöenergia .....	36
8.2 Lämmityslaitteista vapautuva lämpökuormaenergia.....	37
8.3 Valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva lämpökuormaenergia.....	38
8.4 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia .....	39

8.5 Lämpökuormista hyödynnettävä energia .....	43
9 Energiankulutus .....	47
10 Merilänraitti 9.....	49
11 Yhteenveto ja pohdinta .....	55
11.1 Tulosten vertailu.....	56
LÄHTEET .....	59
LIITTEET .....	60

## Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Ostoenergian taserajat. (D3 2012, 28.) .....	18
Kuvio 2. Rakennuksen energiankulutuksen laskennan vaiheet. (D5 2007, kuva 2.1.).....	21
Kuvio 3. Rakennuksen energiatase ja energiankulutuksen laskentaperiaate. (D5 2007, kuva 2.2.) .....	22
Kuvio 4. Ympäristön varjostuksen määritelmä. (D5 2007, kuva 8.1.).....	42
Kuvio 5. Ylävarjostuksen määritelmä. (D5 2007, kuva 8.1.).....	42
Kuvio 6. Sivuvarjoituksen määritelmä. (D5 2007, kuva 8.1.).....	43
Kuvio 7. Alkuperäinen alapohjarakenne.....	49
Kuvio 8. Alapohja SPU eristeellä. (Spu passiivitalo-suunnitteluohje ja kuvat, 31.8.2011.).....	50
Kuvio 9. Alkuperäinen seinärakenne.....	51
Kuvio 10. Seinärakenne SPU-eristeellä. (Spu passiivitalo-suunnitteluohje ja kuvat, 31.8.2011.).....	51
Kuvio 11. Alkuperäinen yläpohjarakenne.....	52
Kuvio 12. Yläpohjarakenne SPU-eristeellä. (Spu passiivitalo-suunnitteluohje ja kuvat, 31.8.2011.) .....	53
Kuvio 13. Rakennuksen energiankulutus alkuperäisillä rakenteilla. (Liite 2.) .....	56
Kuvio 14. Rakennuksen energiankulutus uusilla rakenteilla. (Liite 3).....	57

Taulukko 1. Rakennustyytit ja -luokat. (D3 2012, 1.1.2).....	17
Taulukko 2. Energiamuotojen kertoimet. (D3 2012, 2.1.3).....	18
Taulukko 3. Uudisrakennuksen E-luku ei saa ylittää seuraavia arvoja. (D3 2012, 2.1.4.).....	19
Taulukko 4. Lämmönläpäisykertoimet lämpimässä tilassa. (D3 2012, 2.5.4.).....	23
Taulukko 5. Lämmönläpäisykertoimet puolilämpimässä tilassa. (D3 2012, 2.5.4.)	23
Taulukko 6. Lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöenergiat. (D5 2007, taulukko 6.1.)	28
Taulukko 7. Lämpimän käyttöveden ominaiskulutuksia eri rakennustyypeille. (D5 2007, taulukko 5.1.) .....	31
Taulukko 8. Laitteiden ominaissähköenergiankulutusarvoja. (D5 2007, taulukko 7.1.).....	32
Taulukko 9. Laiteryhmäkohtaisia sähköenergian ominaiskulutuksia. (D5 2007, taulukko 7.4.) .....	34
Taulukko 10. Rakennuksen käyttö. (D5 2007, taulukko 8.2.) .....	37
Taulukko 11. Valaistuksen ja sähkölaitteiden vuotuiset lämpökuormat. (D5 2007, taulukko 8.3.) .....	38
Taulukko 12. Ikkunan kokonaissäteilyn läpäisykerroin. (D5 2007, taulukko 8.4.)	40
Taulukko 13. Verhokertoimet. (D5 2007, taulukko 8.5.) .....	41
Taulukko 14. Ympäristön varjostuksen korjauskertoimet. (D5 2007, taulukko 8.6.)	42
Taulukko 15. Yläpuolisen varjostuksen korjauskertoimet. (D5 2007, taulukko 8.7.)	43
Taulukko 16. Sivubarjostuksen korjauskertoimet. (D5 2007, taulukko 8.8.) .....	43
Taulukko 17. Rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti. (D5 2007, taulukko 8.9.) .....	46

## **Käytetyt termit ja lyhenteet**

### **Energiamuotojen kertoimet**

Energialähteen tai energiatuotantomuodon kertoimia, joilla eri energiamuodot kerrotaan energialuvun laskemiseksi.

### **Ilmanvaihto**

Huoneilman laadun ylläpitämistä ja hallintaa huoneen ilmaa vaihtamalla.

### **Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema lämpömäärä**

Lämpömäärä, joka tarvitaan ilmanvaihdon ilmavirran lämmittämiseksi ulkoilman lämpötilasta huonelämpötilaan.

### **Ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde**

Lämmöntalteenottolaitteistolla vuodessa talteen otettavan ja hyödynnettävän lämpömäärän suhde, ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemaan lämpömäärään, kun lämmöntalteenottoa ei ole.

### **Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus**

Puhallinsähköä ja mahdollisten apulaitteiden sähkönkulutusta (pumput, taajuusmuuttajat, säätölaitteet). Tuloilman lämmitys ja jäähdytys lasketaan lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien energiankulutuksen osana.

### **Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho (kW/(m<sup>3</sup>/s))**

Rakennuksen koko ilmanvaihtojärjestelmän kaikkien puhaltimien, mahdollisten taajuusmuuttajien ja muiden tehonsäätölaitteiden yhteenlaskettu sähköverkosta ottama sähköteho jaettuna ilmanvaihtojärjestelmän koko mitoitusjäteilmavirralla tai mitoitusulkoilmavirralla.



## **Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve**

Lämmitysenergian tarve, joka muodostuu ilman lämmittämisestä lämmöntalteenoton jälkeen tuloilman lämpötilaan ja mahdollisesta lämmittämisestä ennen lämmöntalteenottoa jäätymisen estämiseksi.

## **Ilmanvuotoluku $n_{50}$ ( $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$ )**

Rakennusvaipan keskimääräinen vuotoilmavirta tunnissa 50 Pa paine-erolla kokonaissisämittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pinta-alaa kohden. Rakennusvaipan pinta-alaan lasketaan ulkoseinät aukotuksineen sekä ylä- ja alapohja.

## **Kaukolämpö**

Lämpö, joka on tuotettu kauko- tai aluelämpölaitoksissa ja jonka jakelu tapahtuu verkoston välityksellä asiakkaina oleville kiinteistöille.

## **Lämmitetty nettoala A-netto ( $\text{m}^2$ )**

Lämmitettyjen kerrostasoalojen summa kerrostasoja ympäröivien ulkoseinien sisäpintojen mukaan laskettuna. Lämmitetty nettoala voidaan laskea myös lämmitetystä bruttoalasta, josta on vähennetty ulkoseinien rakennusosa-ala.

## **Lämmitysenergian nettotarve**

Lämmitysenergian tarve, josta on vähennetty henkilöistä, valaistuksesta ja sähkölaitteista johtuvien sisäisten lämpökuormien energia, poistoilmasta, jätevedestä ja muista energiavirroista talteen otettu ja hyväksikäytetty energia sekä auringon säteilyenergia ikkunoiden läpi. Lämmitysenergian nettotarve on energia, joka tuodaan lämmitysjärjestelmällä tiloihin, tuloilmaan ja käyttöveteen. Lämmitysenergian nettotarve koostuu tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmityksen nettotarpeesta.

## **Lämmitysenergian tarve**

Sisäilmasto-olosuhteiden ylläpitämiseksi ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseksi tarvittava energiamäärä.

### **Lämmitysjärjestelmän energiankulutus**

Tilojen lämmityksen, ilmanvaihdon lämmityksen ja lämpimän käyttöveden lämmityksen energiankulutus. Lämmitysjärjestelmän energiankulutus lasketaan lämmitysenergian nettotarpeesta ottamalla huomioon järjestelmähäviöt ja muunnokset sekä lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus. Järjestelmähäviöt muodostuvat lämmitysenergian tuoton, varastoinnin, jakelun, luovutuksen häviöistä ja muunnoksista.

### **Lämmönläpäisykerroin $U$ ( $W/(m^2K)$ )**

Lämpövirran tiheys, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ilmatilojen välillä on yksikön suuruinen.

### **Lämmin tila**

Tila, jonka mitoittavaksi huonelämpötilaksi lämmityskaudella oleskelu- tai muista syistä valitaan  $+17\text{ °C}$  tai sitä korkeampi lämpötila.

### **Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve**

Lämmitysenergian tarve, joka sisältää kulutetun lämpimän käyttöveden lämmittämisen kylmän veden lämpötilasta lämpimän veden lämpötilaan.

### **Rakennuksen energiankulutus, ( $kWh/m^2$ )**

Rakennuksen vuotuinen lämmitykseen, sähkölaitteisiin ja jäähdytykseen yhteensä kulutettu energiamäärä, johon ei sisälly eri energiamuotojen kiinteistökohtaisen eikä kiinteistön ulkopuolisen energiantuotannon häviöitä.

### **Rakennuksen kokonaisenergiankulutus, E-luku ( $kWh/m^2$ )**

Energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen ostoenergian laskennallinen kulutus näissä määräyksissä annetuilla säännöillä ja lähtöarvoilla laskettuna lämmitettyä nettoalaa kohden.

## **Rakennuksen ostoenergian kulutus**

Energia, joka hankitaan rakennukseen sähköverkosta, kaukolämpöverkosta, kaukojäähdytysverkosta ja uusiutuvan tai fossiilisen polttoaineen sisältämänä energiana. Ostoenergia koostuu lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutuksesta energiamuodoittain eriteltynä. Vähennykset uusiutuvasta omavaraisenergiasta otettu huomioon.

## **Rakennuksen vaippa**

Ne rakennusosat, jotka erottavat lämpimän, puolilämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan ulkoilmasta, maaperästä tai lämmittämättömästä tilasta. Vaippaan eivät kuulu rakennuksen sisäiset erilaisia tiloja toisistaan erottavat rakennusosat.

## **Rakennuksen lämpöhäviö**

Vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviö.

## **Rakennuksen vertailulämpöhäviö**

Rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviö laskettuna määräysten mukaisilla laskentakaavoilla ja vertailuarvoilla.

## **Suunnitteluratkaisu**

Kohderakennuksen toteutettavaksi aiottu suunnitelma.

## **Tilojen lämmitysenergian nettotarve**

Lämmitysenergian tarve, joka muodostuu johtumislämpöhäviöistä, vuotoilman lämpöhäviöistä, korvausilman ja tuloilman lämpenemisestä tilassa huonelämpötilaan ja josta on vähennetty auringon ja sisäisten lämpökuormien vaikutus.

### **Uusiutuva omavaraisenergia**

Kiinteistöön kuuluvalla laitteistolla paikallisista uusiutuvista energialähteistä tuotettu uusiutuva energia, lukuun ottamatta uusiutuvia polttoaineita. Uusiutuvaa omavaraisenergiaa on esimerkiksi aurinkopaneeleista ja –kehräimistä tuotettu energia, paikallinen tuulienergia ja lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia. Uusiutuvat polttoaineet käsitellään osana uusiutuvaa ostoenergiaa.

### **Uusiutuvat polttoaineet**

Puu ja puupohjaisia sekä muita biopolttoaineita pois lukien turve, joka käsitellään näissä määräyksissä fossiilisena polttoaineena.

### **Vertailuarvo**

Rakennuksen vertailulämpöhäviön laskennassa käytettävä

- rakennusosan lämmönläpäisykertoimen arvo,
- rakennuksen yhteenlasketun ikkunapinta-alan määrä,
- rakennuksen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde tai
- rakennusvaipan ilmanvuotoluku.

(D3. 30.3.2012.)

## 1 Johdanto

Uudet rakentamisen energiamääräykset tulevat voimaan 1.7.2012. Määräysten tiukkeneminen on EU:n päätös, jolla pyritään vähentämään päästöjä. Työssä käydään läpi myös lainsäädäntöä koskien energiamääräyksiä. Nyt voimaan tulevat määräykset asettavat uudet rajat kokonaisenergiankulutukselle. Rakennuksen vuotuinen energiankulutus on laskettava rakentamismääräyskokoelmien D3 ja D5 mukaan, joissa eri energiamuodot lasketaan yhteen eri energiamuotojen kertoimilla. Energiamuodon kerroin perustuu primäärienergiakertoimeen. Primäärienergia on luonnon energiaa, jonka luontoystävällisyys kertoo energiamuodon kertoimen.

Lähempään käsittelyyn työssä otetaan rakennuksen kokonaisenergiakulutuksen eli E-luvun laskenta ja siihen tarvittavien rakentamismääräysten sisältö. Kaikille rakennustyypeille on omat E-luku-vaatimuksensa, joita ei saa ylittää. Mitä pienempi E-luku on, sitä energiatehokkaampi rakennus on. E-luvun laskenta on esitetty yksityiskohtaisesti rakennusosamääräyskokoelman osissa D3 ja D5. Näihin määräyksiin perustuen on kehitetty Energiajunior 7.1 ohjelma, jonka avulla voidaan selvittää rakennuksen energiakulutus. Työssä tehdään energiaselvitys vuonna 2007 valmistuneeseen asuintaloon tällä ohjelmalla. Saatuja tuloksia tarkastellaan kriittisesti ja ehdotetaan parannusehdotuksia sekä rakenteisiin että talotekniikkaan.

## **2 Lainsäädäntö**

### **2.1 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU**

Euroopan parlamentissa on todettu, että 40 % Unionin kokonaisenergiankulutuksesta aiheutuu rakennuksista. Unionin yhä kasvaessa myös energiankulutus tulee kasvamaan, joten energiankulutus on saatava pienenemään ja uusiutuvien energiamuotojen käytön on lisäännyttävä, jotta kasvihuonekaasupäästöt saataisi vähenemään. Unioni noudattaa yhdistyneiden kansakuntien puitesopimukseen (UNFCCC) liitettyä Kioton pöytäkirjaa, jossa kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärää vähennetään vuoteen 2020 mennessä vähintään 20 prosenttia vuoden 1990 tasosta ja 30 prosenttia, jos saadaan aikaan kansainvälinen sopimus.

Uuden EU-direktiivin 2010/31/EU toimilla arvioidaan saavutettavan 5-6 prosentin vähennys EU:n loppuenergian kulutuksessa ja 4-5 prosentin vähennys hiilidioksidipäästöissä vuonna 2020. Direktiiviä sovelletaan kansallisella tasolla ottamalla huomioon maan ilmasto-olosuhteet, paikalliset olosuhteet, sisäilmastolle asetetut vaatimukset ja kustannustehokkuus.

Direktiivin mukaan energiatehokkuutta on edistettävä sekä uudisrakentamisessa että jo olemassa olevassa rakennuskannassa. Uusien rakennusten tulee olla vuoden 2020 loppuun mennessä lähes nollaenergiarakennuksia. Julkisia rakennuksia vaatimus koskee jo vuoden 2019 alusta. Korjausrakentamiselle on direktiivin mukaan asetettava kansalliset energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset. (Direktiivi. 2010/31EU.)

### **2.2 Energiatodistus**

Energiatodistuksen painoarvo kasvaa huomattavasti uusitun direktiivin myötä. EU on myös antanut ohjeen energiatodistuksen sisällöstä ja sen käytöstä. Uudisrakennuksiin energiatodistus tulee pakolliseksi ja myös julkisissa rakennuksissa energiatodistuksen on oltava nähtävillä. Vanhoilta rakennuksilta

tullaan vaatimaan energiatodistus tulevaisuudessa, mutta siitä, milloin se tulee tapahtumaan, ei ole vielä tarkempaa tietoa.

Energiatodistuksesta on myös annettu laki Suomen eduskunnassa 13.4.2007/487. Lakia muutettiin 11.2.2011. Laista käydään läpi kaksi ensimmäistä artiklaa, jotka ovat työssä kaikista keskeisimmät.

Lain ensimmäisen artiklan mukaan rakennuksen energiatodistuksen tulee osoittaa rakennuksen käyttöön tarvittava energiamäärä. Rakennuksen energiatehokkuuden arvioimiseksi on rakennuksen tarvitsema energiamäärä ilmaistava rakennuksen pinta-alan suhteen useampiluokkaisella asteikolla. Rakennukset jaetaan käyttötarkoituksensa mukaan ryhmiin, joilla kullakin on energiatehokkuutta ilmaiseva asteikko.

Toisen artiklan mukaan ilmoitettava energiamäärä on joko arvioitava kulutustietojen perusteella tai laskettava menetelmällä, joka ottaa huomioon rakennuksen lämpöominaisuudet, lämmityslaitteet ja lämpimän veden jakelun, ilmanvaihdon ja ilmastointilaitteet sekä muissa kuin asuinrakennuksissa kiinteän valaistusjärjestelmän. Rakennuksen energiatehokkuuden arvioinnissa on otettava huomioon sisäilmasto-olosuhteet. (L.13.4.2007/487.)

## **2.3 Rakentamismääräykset**

Uudisrakentamisen energiatehokkuuden perusvaatimustaso määritellään ympäristöministeriön antamissa rakentamismääräyksissä ja näiden määräysten avulla on pystyttävä osoittamaan, että suunniteltu rakennus täyttää nämä vaatimukset.

Seuraavat rakentamismääräyskokoelmat perehtyvät energiatehokkuuteen:

- **C3 Rakennusten lämmöneristys**
- **D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto**
- **D3 Rakennusten energiatehokkuus**
- **D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta**

Rakentamismääräyskokoelman osat C3, D2 ja D3 tulivat voimaan 1.1.2010, jolloin määräykset tiukkenivat noin 30 prosenttia. D5 tuli voimaan 1.1.2008 ja se kumosi vanhan määräyskokoelman vuodelta 1984. Osat D2 ja D3 uudistuivat 30.3.2011 ja uudistukset tulevat voimaan 1.7.2012. Uudistuksilla kumotaan edelliset määräyskokoelmat. Uudet määräykset koskevat vain uudisrakentamista ja suurin muutos tulee olemaan siirtyminen kokonaisenergiatarkasteluun. Tämä tarkoittaa sitä, että kokonaisenergian kulutukselle määrätään yläraja ja se tullaan ilmaisemaan niin sanotulla E-luvulla. Rakennukset tullaan jakamaan eri luokkiin ja näillä luokilla on kaikilla omat kokonaisenergiakulutuksen ylärajat. E-luvun laskennassa tullaan myös ottamaan huomioon rakennuksen käyttämän energian tuotantomuoto. Lämpöhäviöiden tasauslaskelmat pysyvät lähes ennallaan. (Suomen rakentamismääräyskokoelmat, C3, D2, D3, D5.)



### 3 Rakennusten energiatehokkuus

Uudet määräykset koskevat vain uudisrakennuksia, joissa käytetään energiaa tilojen ilmanvaihdon lämmitykseen ja jäähdyttämiseen, jotta sisäilmasto saadaan ylläpidettyä. Rakennukset on jaoteltu yhdeksään eri luokkaan taulukon 1 mukaan. (D3 2012.)

Taulukko 1. Rakennustyyppit ja -luokat. (D3 2012, 1.1.2)

Luokka	Rakennustyyppi
1	Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot
2	Asuinkerrostalot
3	Toimistorakennukset
4	Liikerakennukset
5	Majoitusliikerakennukset
6	Opetusrakennukset ja päiväkodit
7	Liikuntahallit pois lukien uima- ja jäähallit
8	Sairaalat
9	Muut rakennukset

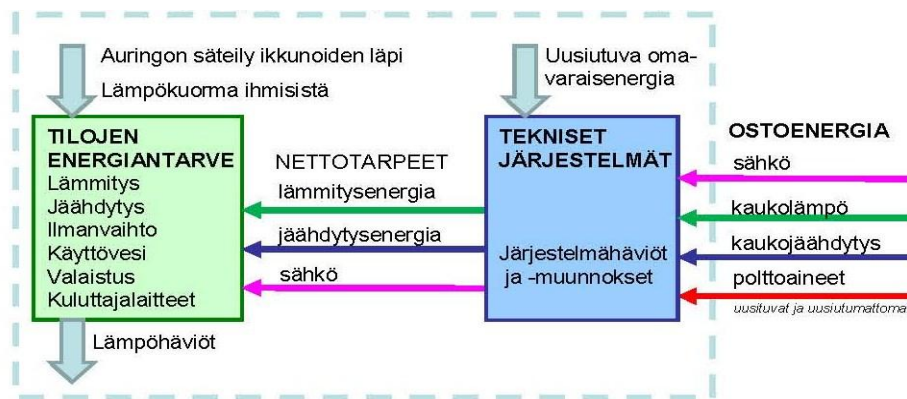
Nämä määräykset eivät koske kuitenkaan kaikkia rakennuksia. Poikkeuksia tähän jaotteluun ovat tuotantotilat, joiden jäähdyttäminen kuluttaisi huomattavan määrän energiaa tai niiden liiallinen lämmöneristys heikentäisi sisäilmaa. On myös huomattava, että rakennukset, joiden lämmitetty netto-ala on enintään 50 m<sup>2</sup>, eivät kuulu määräyksien piiriin. Loma-asunnot, joita ei ole tarkoitettu ympärivuotiseen käyttöön, eivät myöskään kuulu uusien määräyksien joukkoon. Muita tällaisia rakennustyyppisiä on rakennukset, joita ei ole tarkoitettu asuinkäyttöön, kuten maatalousrakennukset, kasvihuoneet ja määräajaksi pystytetyt rakennukset. (D3 2012.)

Energiatehokkuudelle on annettu uusissa määräyksissä entistä tiukemmat ohjeet ja tarkastelutapaa on myös muutettu. Nykyään tarkastellaan kokonaisenergiakulutusta eli E-lukua. E-luvun laskentaan vaadittavat laskentamenetelmät esitetään yksityiskohtaisesti rakentamismääräyskokoelman osassa: **D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta**. Yksinkertaistettuna E-luku saadaan laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain. Taulukossa 2 on esitetty energiamuotojen kertoimet.

Taulukko 2. Energiamuotojen kertoimet. (D3 2012, 2.1.3)

Energiamuoto	Kerroin
Sähkö	1,7
kaukolämpö	0,7
kaukojäähdytys	0,4
fossiiliset polttoaineet	1
rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

Ostoenergian kulutuksella tarkoitetaan energiaa, joka hankitaan rakennukseen esimerkiksi kaukolämpöverkosta. Ostoenergian kulutus määräytyy rakennuksen eri järjestelmiin kuluvaan energiamäärästä. Jos rakennuksessa on uusiutuvaa omavaraisenergiaa, se vähennetään ostoenergiamäärästä. Tarkemmin kuviossa 1 ostoenergian energiankulutuksesta.



Kuvio 1. Ostoenergian taserajat. (D3 2012, 28.)

Taulukossa 3 on esitetty, miten E-luvun enimmäisarvo määritellään eri rakennustyypeille. Käyttöluokka yhden rakennuksissa tulee ottaa myös huomioon pinta-alan vaikutus E-lukuun. Rakennus, jolla on useampi käyttötarkoitus, jaetaan käyttötarkoituksiluokkien mukaan, paitsi jos tila on alle 10 prosenttia nettoalasta. Tällöin se voidaan laskea muiden alojen kanssa yhteen. (D3 2012, 2.1.5.)

Taulukko 3. Uudisrakennuksen E-luku ei saa ylittää seuraavia arvoja. (D3 2012, 2.1.4.)

Luokka 1	Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutalo	Lämmitetty nettoala, $A_{\text{netto}}$	kWh/m <sup>2</sup> vuodessa
	Pientalo	$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$	204
		$120 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$	$372 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}}$
		$150 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 600 \text{ m}^2$	$173 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$
		$A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	130
	Hirsitalo	$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$	229
		$120 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$	$397 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}}$
		$150 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 600 \text{ m}^2$	$198 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$
		$A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	155
	Rivi- ja ketjutalo		150
Luokka 2	Asuinkerrostalo		130
Luokka 3	Toimistorakennus		170
Luokka 4	Liikerakennus		240
Luokka 5	Majoitusliikerakennus		240
Luokka 6	Opetusrakennus ja päiväkot		170
Luokka 7	Liikuntahalli pois lukien uima- ja jäähalli		170
Luokka 8	Sairaala		450
Luokka 9	Muut rakennukset ja määräaika-		E-luku on laskettava, mutta sille ei ole asetettu vaatimusta

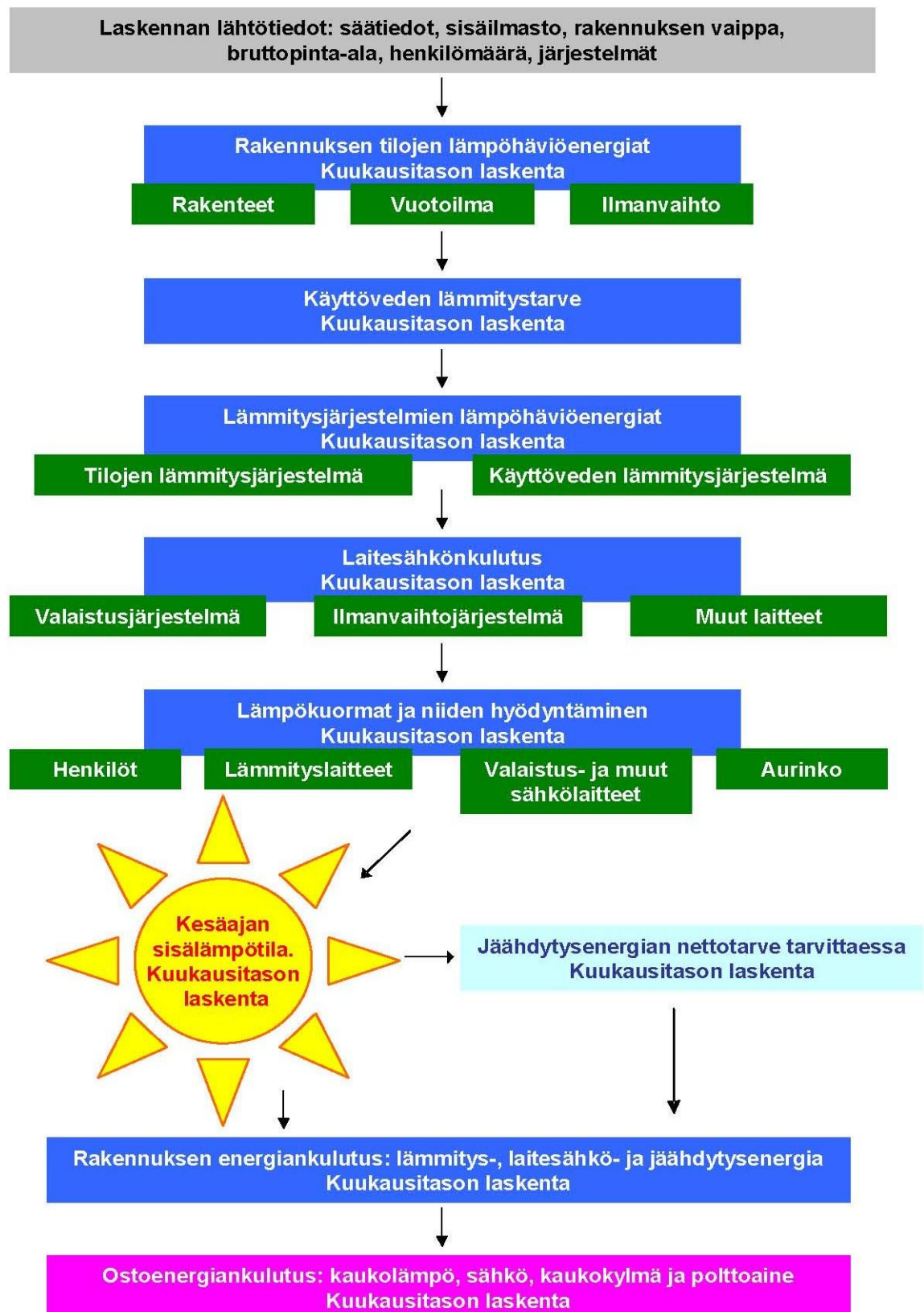
## 4 E-luvun laskenta

Laskentamenetelmä on energiatasemenetelmä, jossa energiankulutusta kuvataan kuukausittain ja niin, että energiamäärä, joka tulee rakennukseen kuukauden aikana on myös sieltä poistuvan energian määrä. Vuosikulutus saadaan, kun kuukausikulutukset lasketaan yhteen. Rakennuksen energiankulutukseen ei sisälly eri energiamuotojen tuotannossa tapahtuvaa häviötä, mutta se otetaan huomioon eri energiamuotojen kertoimilla. Rakennuksissa, joissa käytetään uusiutuvia energiamuotoja, kuten aurinkovoima, sen tuottama energia tulee ottaa huomioon ostoenergiankulutusta laskettaessa. Energiamuotoa valittaessa tulee ottaa myös huomioon sen vaikutus teknisiin järjestelmiin ja laitteisiin. Eri lämmitysjärjestelmillä on erilaiset lämpöhäviöt ja osa näistä lämpöhäviöistä tulee lämpökuormana sisälle rakennukseen pienentäen lämmityksen nettoenergian tarvetta. (D5 2007, 2.1.)

Rakennuksen tilat voidaan yleensä laskea yhteen, sillä lämmitettyjen tilojen sisälämpötilat ovat lähes samoja ja lämpökuormat ovat jakautuneet tasaisesti tai ne ovat melko pieniä. Tilat on laskettava erikseen, jos rakennuksella on useita eri käyttötarkoituksia. Tällöin energiankulutus saadaan laskemalla tilakohtaiset arvot yhteen.

Energiankulutus lasketaan vaiheittain seuraavasti (kuvio 2):

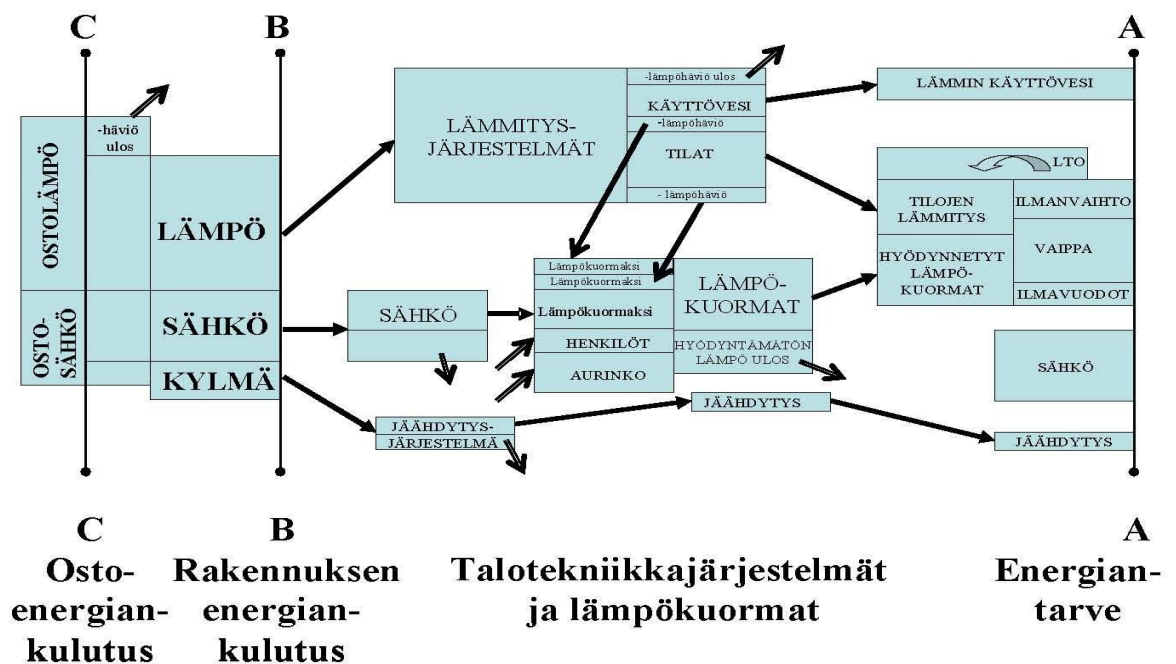
1. Lämpöhäviöenergiat
2. Käyttöveden lämmitystarve
3. Lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat
4. Laitesähköenergiankulutus
5. Lämpökuormat
6. Jäähdytysenergian tarve ja kulutus sekä kesäajan sisälämpötila
7. Lämmitysenergiankulutus
8. Rakennuksen energiankulutus
9. Ostoenergiankulutus



Kuvio 2. Rakennuksen energiankulutuksen laskennan vaiheet. (D5 2007, kuva 2.1.)

Energiatase on luokiteltu rakennuksissa kolmeen eri ryhmään: lämmitysenergia, sähköenergia ja jäähdytysenergia. Tämä kuvaa sitä, mikä on primäärienergian loppusijoituspaikka rakennuksissa. Rakennuksen energiantarve taas koostuu käyttöveden lämmitystarpeesta, tilojen lämmitystarpeesta, sähköenergiantarpeesta ja jäähdytystarpeesta. Tämä energiantarve katetaan rakennuksen sisällä tapahtuvalla energiansiirrolla, mihin vaikuttaa myös auringon säteilyenergia ja muut lämpökuormat. (D5 2007, 2.2.2.)

Kun rakennuksen sisällä on tapahtunut kaikki energiansiirrot, päästään energian kulutukseen, joka vastaa tämän siirron aikana tapahtunutta energiakulutusta sekä järjestelmien energiahäviötä. Kun tiedetään kokonaisuudessaan energiakulutus voidaan ostoenergiankulutus laskea kiinteistökohtaisen energiantuotannon vuosihyötysuhteen perusteella (kuvio 3).



Kuvio 3. Rakennuksen energiatase ja energiankulutuksen laskentaperiaate. (D5 2007, kuva 2.2.)

## 5 Rakennuksen lämpöhäviöt

### 5.1 Rakennusosien lämpöhäviöenergiat

Lämmönläpäisykertoimille eli U-arvoille on määrätty vertailuarvot rakennusosien suhteen. (D3 2012, 2.5.4.)

Taulukko 4. Lämmönläpäisykertoimet lämpimässä tilassa. (D3 2012, 2.5.4.)

Rakennusosa	U-arvo (W/(m <sup>2</sup> K))
Seinä	0,17
Hirsiseinä	0,4
Yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09
Ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,17
Maata vasten oleva rakennusosa	0,16
Aukot	1

Taulukko 5. Lämmönläpäisykertoimet puolilämpimässä tilassa. (D3 2012, 2.5.4.)

Rakennusosa	U-arvo (W/(m <sup>2</sup> K))
Seinä	0,26
Hirsiseinä	0,6
Yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,14
Ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,26
Maata vasten oleva rakennusosa	0,24
Aukot	1,4

Rakennuksissa, joissa käytetään pienempiä lämmönläpäisykertoimia kuin taulukoissa 4 ja 5 esitetyt vertailuarvot ovat, on rakennusosien oikeaan lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan kiinnitettävä erityistä huomiota. Alapohjan lämmöneristykseen on myös syytä panostaa, jotta se toimii routaeristyksen kanssa moitteettomasti. Rakennusosien lämmönläpäisykertoimien ja rakennusosien pinta-alojen avulla pystytään laskemaan rakennuksen lämpöhäviön suunnitteluarvo kaavasta (1). (D3 2012, 2.4.4.)

$$\Sigma H_{joht} = \Sigma(U_{ulkoseinä} A_{ulkoseinä}) + \Sigma(U_{yläpohja} A_{yläpohja}) + \Sigma(U_{alapohja} A_{alapohja}) + \Sigma(U_{ikkuna} + A_{ikkuna}) + \Sigma(U_{ovi} + A_{ovi}) \quad (1)$$

missä

$\Sigma H_{joht}$	rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K
U	rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m <sup>2</sup> K)
A	rakennusosan pinta-ala, m <sup>2</sup>

## 5.2 Vaipan ilmavuodot

Uusien määräysten myötä tulee kiinnittää erittäin suurta huomiota vaipan ilman pitävyyteen. Rakenteiden tulee olla niin ilmanpitäviä, että ilmavirtaukset eivät aiheuta merkittäviä haittoja käyttäjille, rakenteille tai energiatehokkuudelle. Erityisesti rakenteiden liitokset ja läpiviennit ovat ilmavuodoille herkkiä. Tämä vaatii sekä tarkkaa suunnittelua että huolellista rakentamista. (D3 2012, 2.3.1.)

Rakennusvaipan ilmanvuotoluvulle  $\eta_{50}$  on annettu vertailuarvo. Ilmanvuotoluku saa olla enintään 4 (m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>)). Tällä tarkoitetaan sitä, että rakennuksen vuoto on neljä kertaa rakennuksen tilavuus yhden tunnin aikana. Nykyään kuitenkin pyritään rakentamaan huomattavasti tiiviimpiä taloja ja tämä tulee todentaa erilaisilla paine- ja tiiveyskokeilla. Näissä kokeissa mitataan asuinkerrostaloista vähintään 20 prosenttia huoneistoista, tai jos käytetään rakennuksen omia ilmanvaihtokoneita, tulee testata vähintään 75 prosenttia lämmitetystä nettoalasta. Näin tehden ilmanvuotoluvun tulisi olla 1 (m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>)), jotta rakennus olisi energiatehokas ja sisäilmaltaan hyvä. Ilmavuotojen ominaislämpöhäviöiden laskemiseen käytetään kaavoja 2 ja 3. (D3 2012, 2.3.2.)

$$H_{vuotoilma} = \rho_i c_{pi} q_v, \text{ vuotoilma} \quad (2)$$

missä

$H_{vuotoilma}$	vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
$q_{v,vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m <sup>3</sup> /s



$$q_{v,vuotoilma} = \frac{n_{50}}{25} \frac{V}{3600} \quad (3)$$

missä

$q_{v,vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$n_{50}$	rakennuksen vuotoilmakerroin, kertaa tunnissa, 1/h
$V$	rakennuksen tilavuus, m <sup>3</sup>
3600	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos m <sup>3</sup> /h m <sup>3</sup> /s

### 5.3 Ilmanvaihdon lämpöhäviöt ja ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia

Ilmanvaihdon energiatehokkuus ei saa vaikuttaa asumisoloihin, vaan niiden on pysyttävä erinomaisina. Sähköteho saa olla enintään 1,0 kW/(m<sup>3</sup>/s), jos rakennuksessa on pelkkä koneellinen poistoilmajärjestelmä ja 2,0 kW/(m<sup>3</sup>/s), jos kyseessä on koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä. Tähän ovat poikkeuksena rakennukset, joiden sisäilmaston vaatimukset eivät täytyisi, jos ominaissähkötehot olisivat näin pienet. (D3 2012, 2.6.1.1.)

Ilmanvaihdon poistoilmasta on lämpöä vertailuarvoissa otettava talteen määrä, joka vastaa vähintään 45 prosenttia ilmanvaihdon lämmitykseen kuluvasta energiasta (kaava 5). On olemassa myös muita ratkaisuja, mistä ilmanvaihdon lämpömäärää voidaan pienentää, kuten esilämmityspatterit. Nämä patterit pitävät tuloilman lämpimämpänä, joten LTO-koneiden kennot eivät jäädy eikä esilämmitykseen kulu energiaa niin paljon. Lämpöenergian tarvetta voidaan pienentää myös vaipan paremmalla lämmöneristyksellä tai ilmanpitävyyden parantamisella. Näistä saadut hyödyt tulee osoittaa rakennuksen lämpöhäviön taseauslaskennalla, jossa lasketaan ilmanvaihdon lämpöhäviö (kaava 4). (D3 2012, 2.6.2.)

$$H_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} t_d t_v (1 - \eta_a) \quad (4)$$

missä

$H_{iv}$	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
$q_{v, poisto}$	standardikäytön mukainen laskennallinen poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$t_d$	ilmanvaihtojärjestelmän vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
$t_v$	ilmanvaihtojärjestelmän viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$\eta_a$	ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde

$$Q_{iv} = \sum (H_{iv} (T_s - T_u) \Delta t) / 1000 \quad (5)$$

missä

$Q_{iv}$	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh
$H_{iv}$	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C
$T_u$	ulkoilman lämpötila, °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Ilmanvaihtojärjestelmän tulee olla päällä koko ajan rakennuksissa, joissa käyttö on jatkuva. Muissa rakennuksissa ilmanvaihto kytketään päälle tuntia ennen käyttöönottoa ja sen annetaan olla päällä tunti käyttöajan jälkeen. (D3 2012, 3.3.1.)

#### 5.4 Lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat

Rakennuksen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiaa laskettaessa täytyy suunnittelutiedoista selvittää rakennuksen bruttopinta-ala sekä lämmitysjärjestelmän yleistiedot eli lämmönkehitystapa, lämmönjakotapa, lämmönluvuttimet ja lämmönvaraajat. Kaavalla (6) saadaan laskettua lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöenergiat.

$$\begin{aligned}
Q_{\text{lämmitys,häviöt}} = & \\
Q_{\text{lämmitys,tilat,kehityshäviöt}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,jakeluhäviöt}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,luovutushäviöt}} + & \\
Q_{\text{lämmitys,tilat,säätöhäviöt}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,varaajahäviöt}} & \quad (6)
\end{aligned}$$

missä

$Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}}$	tilojen lämpöhäviöenergia, kWh	lämmitysjärjestelmän
$Q_{\text{lämmitys, tilat, kehityshäviöt}}$	tilojen lämmönkehityslaitteiden, ja lämmönsiirtimien lämpöhäviöenergia, kWh	lämmitysjärjestelmän
$Q_{\text{lämmitys, tilat, jakeluhäviöt}}$	tilojen lämmönjakeluverkoston lämpöhäviöenergia, kWh	lämmitysjärjestelmän
$Q_{\text{lämmitys, tilat, luovutushäviöt}}$	tilojen lämmönluovuttimien (radiaattori, lattialämmitys) lämpöhäviöenergia, kWh	lämmitysjärjestelmän
$Q_{\text{lämmitys, tilat, säätöhäviöt}}$	tilojen säätöjärjestelmästä johtuva lämpöhäviöenergia, kWh	lämmitysjärjestelmän
$Q_{\text{lämmitys, tilat, varaajahäviöt}}$	tilojen lämmitysvesivaraajan lämpöhäviöenergia, kWh	lämmitysjärjestelmän

Taulukosta 6 selviävät eri lämmönkehityslaitteiden kehityshäviöt, jakeluhäviöt, luovutushäviöt, säätöhäviöt ja varaajahäviöt. Nämä häviöt pystytään laskemaan rakennuksen bruttoalan ja taulukon 7 avulla. Taulukossa ilmoitetaan vuotuiset ominaislämpöhäviöt, jotka pitää kertoa rakennuksen bruttoalalla, jotta tulos olisi oikea. Laskuissa pitää myös ottaa huomioon kunkin lämmitysjärjestelmän erityispiirteet, jotka on esitetty taulukossa selityksinä. Erillisen käyttövesivaraajan vaipan lämpöhäviöenergia lasketaan yleensä valmistajan ilmoittamasta lämpöhäviötehosta. (D5 2012, 6.1.3.)

Taulukko 6. Lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöenergiat. (D5 2007, taulukko 6.1.)

Lämmitysjärjestelmä	Lämmitysjärjestelmän ominaislämpöhäviöt $Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt, omin}}$ , kWh/brm <sup>2</sup> vuodessa				
	Kehitys- häviöt 2)	Jakelu- häviöt 3)	Luovutus- häviöt 3)	Säätö- häviöt 3)	Varaaja- häviöt 2)
Vesiradiaattorit, menovesi 90/paluuvesi 70 °C - jakojohdot lämmöneristetty - jakojohdot eristämättä	Lasketaan valmistajan ilmoittamasta tai vastaavasta häviötehosta, tai käytetään arvoa 2 kWh/brm <sup>2</sup> vuodessa.	10 40	4	2	Kuva 6.1
Vesiradiaattorit, 70/40 °C - jakojohdot lämmöneristetty - jakojohdot eristämättä	Kehitys- häviönä käytetään kuitenkin vähintään arvoa 2 000 kWh vuodessa.	5 20	4	2	Kuva 6.1
Vesiradiaattorit, 45/35 °C - jakojohdot lämmöneristetty - jakojohdot eristämättä		3 10	4	2	Kuva 6.1
Vesikiertoinen lattialämmitys, 40/35 °C - alapohjan lämmöneristys 200 mm 1) - alapohjan lämmöneristys 100 mm 1) - välipohja lämmöneristys 50 mm 1) - välipohja ilman lämmöneristystä		5	10 20 15 30	4	Kuva 6.1
Vesikiertoinen ilmanvaihtolämmitys - keskitetty lämmitys		5	1	4	Kuva 6.1
Sähkölämmityspatterit	0	0	4	1	0
Sähköinen lattialämmitys - alapohjan lämmöneristys 200 mm 1) - alapohjan lämmöneristys 100 mm 1) - välipohja lämmöneristys 50 mm 1) - välipohja ilman lämmöneristystä	0	0	10 20 15 30	4	0
Sähköinen ilmanvaihtolämmitys - keskitetty tuloilman lämmitys - huonekohtainen tuloilman lämmitys	0 0	5 0	1 1	4 1	

1) Eristyspaksaus vastaa lämmöneristettä, jonka suunnittelulämmönjohtavuus on enintään 0,045 W/(m K).  
2) Kehitys- ja varaajahäviöiden kuukausiarvot lasketaan vuosiarvoista kuukausien pituuksien suhteessa. Jos käyttövesi lämmitetään samalla lämmönkehityslaitteella, niin käyttöveden lämmönkehityksen häviöitä ei tarvitse ottaa erikseen huomioon.  
3) Jakelu-, luovutus ja säätöhäviöiden kuukausiarvot lasketaan vuosiarvoista jakamalla häviö eri kuukausille seuraavasti: marras-, joului-, tammi- ja helmikuu kukin 15 %, loka-, maaliskuu- ja huhtikuu 10 % sekä touko- ja syyskuu 5 % vuotuisesta lämpöhäviöenergiasta. Kesällä tilojen lämmitysjärjestelmässä ei yleensä ole jakelu-, luovutus ja säätöhäviöitä.

## 5.5 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia

Lämpöhäviöenergiaa syntyy lämpimän käyttöveden lämmönkehityslaitteissa, varaajissa ja kiertojohdoissa. Energiämäärä, joka häviää tässä prosessissa saadaan, kun lämmitysjärjestelmään tuodusta energiämäärästä otetaan pois energiämäärä, joka kuluu käyttöveden lämmitysjärjestelmiin. Osa näistä lämpöhäviöistä otetaan huomioon lämpökuormina, jotka lämmittävät rakennusta. Käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia on esitetty kaavassa (7). (D5 2012, 6.2.)

$$Q_{lkv,häviöt} = Q_{lkv,kehityshäviöt} + Q_{lkv,kiertohäviöt} + Q_{lkv,varaajahäviöt} \quad (7)$$

missä

$Q_{lkv, häviöt}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{lkv, kehityshäviöt}$	lämpimän käyttöveden lämmönkehityslaitteiden, lämmityskattiloiden ja lämmönsiirtimien lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{lkv, kiertohäviöt}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöenergia ja kiertojohtoon liitettyjen lämmityslaitteiden tarvitsema lämpöenergia, kWh
$Q_{lkv, varaajahäviöt}$	lämpimän käyttöveden varaajan lämpöhäviöenergia, kWh

Kehityshäviöt ovat samat kuin taulukossa 7 esitetyt lämmitysjärjestelmän kehityshäviöt ja erillisen käyttövesivaraajan vaipan lämpöhäviöenergia lasketaan yleensä valmistajan ilmoittamasta lämpöhäviötehosta. Kiertohäviöt saadaan kaavasta 8.

$$Q_{lkv,kiertohäviöt} = \rho_v c_{pv} q_{v,lkv,kierto} (T_{lkv} - T_{lkv,kierto,paluu}) \Delta t \quad (8)$$

missä

$Q_{lkv, kiertohäviöt}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöenergia ja kiertojohtoon liitettyjen lämmityslaitteiden tarvitsema lämpöenergia, kWh
$\rho_v$	veden tiheys, 1000 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pv}$	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/kgK
$q_{v, lkv, kierto}$	lämpimän käyttöveden kiertopiirin vesivirta, m <sup>3</sup> /s
$T_{lkv}$	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
$T_{lkv, kierto, paluu}$	lämpimän käyttöveden kiertopiirin paluuveden lämpötila, °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h

## 6 Käyttöveden lämmitystarve

Käyttöveden lämmitystarve voidaan laskea joko henkilölukumäärän avulla tai rakennuksen bruttoneliöiden mukaan. Yleensä asuinrakennuksissa käyttöveden lämmitystarve lasketaan henkilöiden mukaan ja muissa rakennuksissa pinta-alan mukaan kaavojen (9) ja (10) avulla. (D5 2012, 5.1.)

$$Q_{lkv,netto} = \rho_v c_{pv} V_{lkv} (T_{lkv} - T_{kv}) / 3600 \quad (9)$$

missä

$Q_{lkv,netto}$	käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia eli nettoenergiantarve, kWh
$\rho_v$	veden tiheys, 1000 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pv}$	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/kgK
$V_{lkv}$	lämpimän käyttöveden kulutus, m <sup>3</sup>
$T_{lkv}$	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
$T_{kv}$	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
3600	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h

$$V_{lkv,omin,henk} n \Delta t / 1000 \quad (10)$$

missä

$V_{lkv}$	lämpimän käyttövedenkulutus, m <sup>3</sup>
$V_{lkv,omin,henk}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm <sup>3</sup> henkilöä kohti vuorokaudessa
$n$	henkilöiden lukumäärä
$\Delta t$	ajanjakson pituus, vuorokautta
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kuutiometreiksi, dm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>

Taulukossa 7 on kerrottu lämpimän käyttöveden ominaiskulutukset henkilöä kohti. Taulukossa on myös kulutukset bruttoaloja kohti.

Taulukko 7. Lämpimän käyttöveden ominaiskulutuksia eri rakennustyypeille. (D5 2007, taulukko 5.1.)

Rakennustyyppi	Lämpimän veden kulutus henkilöä kohti, $V_{\text{lkv, omin, henk}}$ $\text{dm}^3/\text{henk vuorokaudessa}$
Asuinrakennus (huoneistokohtainen mittaus ja laskutus)	50
Asuinrakennus (muut)	60
Rakennustyyppi	Lämpimän veden kulutus rakennuksen bruttoalaa kohti, $V_{\text{lkv, omin}}$ $\text{dm}^3/\text{brm}^2$ vuodessa
Asuinrakennus	600
Toimistorakennus	100
Terveydenhoito	520
Päiväkoti	460
Teatteri ja kirjasto	120
Uimahalli	1800
Opetus	180
Myymälä	65

## 7 Laitteiden sähköenergiankulutus

Laitteiden sähköenergiankulutus saadaan laskemalla valaistussähkön, ilmanvaihtojärjestelmän sähkön ja muun laitesähkön kulutus (11).

$$W_{\text{laitesähkö}} = W_{\text{valaistus}} + W_{\text{ilmanvaihto}} + W_{\text{muutlaitteet}} \quad (11)$$

missä

$W_{\text{laitesähkö}}$	rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus, kWh
$W_{\text{valaistus}}$	valaistuksen sähköenergiankulutus, kWh
$W_{\text{ilmanvaihto}}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus, kWh
$W_{\text{muut laitteet}}$	muiden laitteiden sähköenergiankulutus, kWh

Lähtötiedot, joita tarvitaan kulutusten laskennassa, voidaan saada joko taulukoista tai tarkoista laitetiedoista. Taulukkoon 8 on arvioitu eri laitteiden vuotuiset sähkönkulutukset. Näillä arvoilla voidaan laskea laitteiden sähköenergian kulutus, mutta se ei ole tarkka arvio, vaan keskiarvoihin perustuva ja yleensä suurempi kuin todellinen kulutus. (D5 2012, 7.1.)

Taulukko 8. Laitteiden ominaissähköenergiankulutusarvoja. (D5 2007, taulukko 7.1.)

Rakennustyyppi	Laitteiden sähkönkulutus yhteensä	Valaistus- järjestelmä	Ilmanvaihto- järjestelmä	Muut laitteet
	$W_{\text{laitesähkö}}$	$W_{\text{valaistus}}$	$W_{\text{ilmanvaihto}}$	$W_{\text{muut laitteet}}$
	kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi
Asuinkerrostalo	50	7	10	33
Rivitalo	50	7	7	36
Pientalo	50	7	7	36
Toimistorakennus	70	30	12	28
Opetusrakennus	60	23	12	25
Liikerakennus	80	48	17	15
Hotelli	110	60	17	33
Ravintola	110	42	36	32
Liikuntarakennus	180	60	41	79
Sairaala	100	60	28	12
Muut rakennukset	100	30	11	59



## 7.1 Ilmanvaihtojärjestelmä

Sähkönkulutus on yleensä mahdollista laskea tarkoista laitetiedoista, kun kyse on ilmanvaihtojärjestelmästä. Sähkönkulutus lasketaan kaavoilla (12) ja (13). (D5 2012, 7.3.)

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = \sum P_{es} q_v \Delta t \quad (12)$$

missä

$W_{\text{ilmanvaihto}}$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköenergiankulutus, kWh
$P_{es}$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m <sup>3</sup> /s)
$q_v$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$\Delta t$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika laskentajaksolla, h

$$P_{es} = \frac{P_e}{q_v} \quad (13)$$

missä

$P_{es}$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m <sup>3</sup> /s)
$P_e$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköteho, kW
$q_v$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m <sup>3</sup> /s

## 7.2 Muut sähkölaitteet

Mikäli rakennuksen muut sähkölaitteet tunnetaan tarkemmin, niiden sähkönkulutus voidaan laskea laiteryhmäkohtaisesti ominaissähkönkulutuksen perusteella. Suurin osa näistä ominaissähkönkulutuksista on kerrottu laitteen valmistajan tai jälleenmyyjän kotisivuilla ja ne ovat melko helposti saatavilla. Taulukon arvot ovat usein suurempia kuin laitteiden todelliset kulutukset. Taulukosta 9 selviää asuinrakennusten tyypillisiä laiteryhmäkohtaisia sähköenergian vuotuisia ominaiskulutuksia. (D5 2012, 7.4.)

Taulukko 9. Laiteryhmäkohtaisia sähköenergian ominaiskulutuksia. (D5 2007, taulukko 7.4.)

Laiteryhmä	Asuinkerrostalon kulutus	Pientalon kulutus	Yksikkö
<b>Pumput</b>			
Lämmitysverkosto	1 200	1 700	kWh/(dm <sup>3</sup> /s) <sup>1)</sup>
LKV-kierto	1 200	1 200	kWh/(dm <sup>3</sup> /s) <sup>1)</sup>
<sup>1)</sup> pumppujen energiankulutus on ilmoitettu vesivirtaa kohti			
<b>Muut kohteet</b>			
Talosauna	410	-	kWh/asunto
Talopesula	67	-	kWh/asunto
Hissi	23	-	kWh/asukas
Autopaikat	150	150	kWh/paikka
Pihavalaistus	2	2	kWh/brm <sup>2</sup>
<b>Huoneistojen laitteet</b>			
Liesi	340	520	kWh/kpl
Mikroaaltouuni	50	55	kWh/kpl
Kahvinkeitin	70	70	kWh/kpl
Astianpesukone	170	250	kWh/kpl
Jääkaappipakastin	740	270 (Jääkaappi)	kWh/kpl
Jää-viileäkaappi	330	330	kWh/kpl
Kaappipakastin	380	380	kWh/kpl
Pyykinpesukone	130	240	kWh/kpl
Kuivausrumpu	300	300	kWh/kpl
TV	200	200	kWh/kpl
Video	95	95	kWh/kpl
PC	80	80	kWh/kpl
Huoneistosauna	8	8	kWh/lämmityskerta

### 7.3 Valaistus

Valaistus kuluttaa näistä kolmesta eri ryhmästä kaikkein vähiten sähköenergiaa ja on myös siten kaikista vaikein ja työläin laskea. Jotta saataisiin tarkat arviot valaistuksen sähköenergian kulutuksesta, ennen laskemista pitää tietää seuraavat lähtötiedot: (D5 2012, 7.2.)

- valaistuksen ohjaustapa
- valaistuksen käyttöaika
- valaistuksen kokonaisteho pinta-alayksikköä kohti
- lamppujen valotehokkuus
- valaistusvoimakkuus
- valaistavan tilan huonepinta-ala.

Tässä työssä on käytetty taulukon 9 arvoja, sillä asuinrakennuksilla valaistuksen sähköenergian kulutus on pieni. Jos kyseessä olisi muu kuin asuinrakennus,

valaistuksen sähköenergian kulutus pitäisi laskea tarkasti, sillä näissä rakennuksissa valaistuksen kulutus on huomattavasti suurempi, kuten taulukosta 9 selviää.

## 8 Lämpökuormat

Lämpökuormaenergiaa syntyy hyvin monesta eri lähteestä, kuten

- henkilöistä
- lämmityslaitteista
- valaistuksesta
- sähkölaitteista
- ikkunoiden kautta tulevasta auringon säteilystä.

Nämä kaikki energiat otetaan huomioon ja hyödynnetään lämpöenergiaa laskiessa. Jotta voidaan laskea lämpökuormia, tulee tietää seuraavat asiat:

- rakennustyyppi
- rakennuksen bruttopinta-ala
- lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat
- ikkunoiden pinta-alat ilmansuunnittain
- ikkunoiden auringon säteilyn läpäisykerroin
- rakennuksen lämpöhäviöenergiat.

(D5 2012, 8.1.)

### 8.1 Henkilöiden luovuttama lämpöenergia

Henkilöiden luovuttama lämpöenergia saadaan oleskeluajan ja lämmöntuottotehon avulla kaavasta (14). (D5 2012, 8.1.1.)

$$Q_{henk} = \phi_{henk} n \Delta t / 1000 \quad (14)$$

missä

$Q_{henk}$	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
$\phi_{henk}$	yhden henkilön luovuttama keskimääräinen lämpöteho W/henkilö
$n$	henkilöiden lukumäärä
$\Delta t$	oleskeluaika, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Kaavassa (14) tarvitaan tieto henkilön lämpötehosta, joka on 70 W (D3 2012, 8.1.3.). Oleskeluaika lasketaan kaavasta (15).

$$\Delta t = t_d t_v k \Delta t \quad (15)$$

missä

$\Delta t_{\text{oleskelu}}$	oleskeluaika, h		
$t_d$	rakennuksen keskimääräinen vuorokautinen käyttöaikasuhte		
$t_v$	rakennuksen keskimääräinen viikoittainen käyttöaikasuhte		
$k$	rakennuksen käytönaikainen käyttöaste, joka kuvaa ihmisten keskimääräistä läsnäoloa rakennuksessa		
$\Delta t$	laskentajakso, h		

Jollei tiedossa ole tarkempia oleskeluaikoja, voidaan käyttää taulukon 10 käyttöaikoja.

Taulukko 10. Rakennuksen käyttö. (D5 2007, taulukko 8.2.)

Rakennustyyppi	Käyttöaika klo	$t_d$ h/24 h	$t_v$ vrk/7 vrk	k
Asuinkerrostalo	0-24	24/24	7/7	0,60
Rivitalo	0-24	24/24	7/7	0,60
Pientalo	0-24	24/24	7/7	0,60
Toimistorakennus	7-18	11/24	5/7	0,60
Opetusrakennus	8-16	8/24	5/7	0,90
Liikerakennus	7-21	14/24	6/7	0,55
Hotelli	0-24	24/24	7/7	0,50
Ravintola	12-22	10/24	7/7	0,40
Liikuntarakennus	7-21	14/24	7/7	0,60
Sairaala	0-24	24/24	7/7	0,80
Muut rakennukset	7-18	11/24	5/7	0,60

## 8.2 Lämmityslaitteista vapautuva lämpökuormaenergia

**Tilojen lämmityslaitteista** saatava lämpökuormaenergia lasketaan kaavan 7 avulla. Tästä saatua lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiaa ei voida käyttää kuitenkaan kokonaisuudessaan, sillä lämpöenergiaa katoaa myös vaipan ulkopuolelle. On todettu, että noin 70 prosenttia tästä energiasta jää vaipan

sisäpuolelle, jolloin kertomalla kaavasta 7 saadun tuloksen 0.7:llä saadaan oikea tulos. (D5 2012, 8.2.1.)

**Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmän** lämpökuormaenergia saadaan kaavojen 8 ja 10 avulla. lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiasta eli kaavasta 8 voidaan hyödyksi käyttää 50 prosenttia energiasta ja käyttöveden lämmityksen tarvitsemasta lämpöenergiasta eli kaavasta 10 voidaan hyödyksi käyttää 30 prosenttia energiasta. Kaavoista saadut tulokset siis kerrotaan 0,5:llä ja 0,3:lla ja lasketaan yhteen. (D5 2012, 8.2.2.)

### 8.3 Valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva lämpökuormaenergia

Jos sähköenergiankulutus on laskettu tarkasti, lämpökuormaksi voidaan ottaa 100 prosenttia valaistuksen sähköenergiasta, 60% muiden laitteiden sähköenergiasta ja 50 prosenttia ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiasta. Nämä kulutukset saadaan kappaleesta 6 mainittujen kaavojen avulla. Muussa tapauksessa voidaan käyttää taulukon 11 arvoja. (D5 2012, 8.3.)

Taulukko 11. Valaistuksen ja sähkölaitteiden vuotuiset lämpökuormat. (D5 2007, taulukko 8.3.)

Rakennustyyppi	$Q_{\text{säh, omin}}$ kWh/brm <sup>2</sup> vuodessa
Asuinkerrostalo	32
Rivitalo	32
Pientalo	32
Toimistorakennus	53
Opetusrakennus	44
Liikerakennus	66
Hotelli	88
Ravintola	79
Liikuntarakennus	128
Sairaala	81
Muut rakennukset	71

## 8.4 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia

Auringon säteilyenergia lasketaan kaavalla (16).

$$Q_{aur} = \sum G_{säteily, vaakapinta} F_{suunta} F_{läpäisy} A_{ikk} g = \sum G_{säteily, pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} g \quad (16)$$

missä

$Q_{aur}$	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh/kk
$G_{säteily, vaakapinta}$	vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pintaalan yksikköä kohti, kWh/(m <sup>2</sup> kk)
$G_{säteily, pystypinta}$	pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pintaalan yksikköä kohti, kWh/(m <sup>2</sup> kk)
$F_{suunta}$	muuntokerroin, jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan ilmansuunnittain pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi
$F_{läpäisy}$	säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin
$A_{ikk}$	ikkuna aukon pintaala (kehys- ja karmirakenteineen), m <sup>2</sup>
$g$	valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin

Laskennassa pitää ottaa huomioon ikkunoiden pinta-ala, mihin ilmansuuntaan ikkunat osoittavat sekä millaiset puitteet ikkunassa on. Eri lasitukset vaikuttavat myös laskentaan, kuten myös verhotyypit. Rakennuksen ulkopuoleiset varjostukset, kuten puut, kasvillisuus ja ulkopuoliset rakennukset, vaikuttavat auringon säteilyenergiaa laskettaessa. Osa tiedoista saadaan myös säätiedoista, jotka ovat saatavilla Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5.( D5 2012, 8.4.)

Jotta rakennukseen tulevan auringon säteilyenergia saadaan laskettua, pitää ensin laskea kokonaissäteilyn läpäisykerroin (17), säteilyn kokonaiskorjauskerroin (18) ja kehäkerroin (19).

$$g = 0,9 \times g_{\text{kohtisuora}} \quad (17)$$

missä

$g$	ikkunan	valoaukon	auringon	kokonaissäteilyn
	läpäisykerroin			
$g_{\text{kohtisuora}}$	ikkunan	valoaukon	kohtisuoran	auringonsäteilyn
	kokonaisläpäisykerroin			

Kaavaan (17) saadaan lähtöarvot taulukosta 12.

Taulukko 12. Ikkunan kokonaissäteilyn läpäisykerroin. (D5 2007, taulukko 8.4.)

Ikkunalasituksen tyyppi (lasitusta vastaava U-arvo, W/m <sup>2</sup> K)	$g_{\text{kohtisuora}}$
Yksinkertainen lasitus (6,0)	0,85
Kaksinkertainen lasitus (3,0)	0,75
Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna (2,0)	0,70
Eristyslasi + erillislasi (1,8)	0,65
Eristyslasi, matalaemissiviteettipinnoite + erillislasi (1,0 - 1,4)	0,55
Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna, matalaemissiviteettipinnoite (1,0 - 1,4)	0,50
Kaksi eristyslasiä, matalaemissiviteettipinnoite (0,7 - 0,9)	0,40
Tehokas auringonsuojalasi	0,20

$$F_{\text{läpäisy}} = F_{\text{kehä}} F_{\text{verho}} F_{\text{varjostus}} \quad (18)$$

missä

$F_{\text{läpäisy}}$	säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin
$F_{\text{kehä}}$	kehäkerroin
$F_{\text{verho}}$	verhokerroin
$F_{\text{varjostus}}$	varjostusten korjauskerroin

$$F_{\text{kehä}} = \frac{A_{\text{ikk, valoaukko}}}{A_{\text{ikk}}} \quad (19)$$

missä

$F_{\text{kehä}}$	kehäkerroin
$A_{\text{ikk, valoaukko}}$	ikkunan valoaukon pintaala, m <sup>2</sup>
$A_{\text{ikk}}$	ikkunaaukon pintaala (kehysjakarmirakenteineen), m <sup>2</sup>

Kaavan (18) verhokerroin saadaan taulukosta 13.



Taulukko 13. Verhokertoimet. (D5 2007, taulukko 8.5.)

Ratkaisu	Verhokerroin
Ei verhoa	1
Läpikuultavat tekstiiliverhot sisäpuolella	0,80
Tummat tekstiiliverhot sisäpuolella	0,75
Värikkäät tekstiiliverhot sisäpuolella	0,70
Vaaleat tiiviit tekstiiliverhot sisäpuolella	0,50
Valkoiset sälekaihtimet lasien välissä	0,3
Valkoiset sälekaihtimet sisäpuolella	0,6
Ikkunaluukut (säleikkö) ulkopuolella	0,3

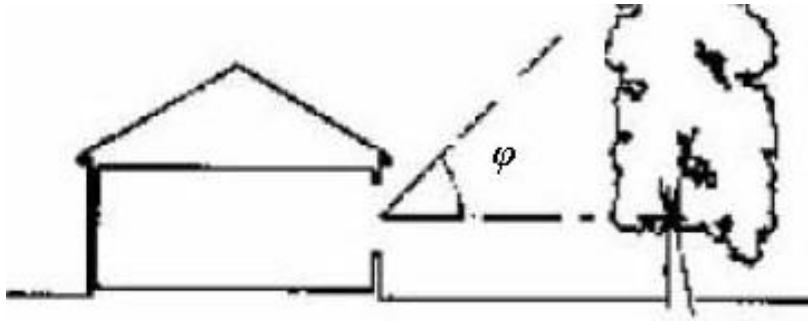
Näiden tulosten myötä tiedetään kaikki muut säteilyenergiaan vaikuttavat asiat paitsi varjostuksen energiakerroin. Varjostusten kokonaiskerroin saadaan kertomalla yhteen ympäristön varjostus (puut, muut rakennukset), ylävarjostus (markiisi, aurinkolippa) ja sivuvarjostus (talonkulma, markiisi) kaavan 20 mukaisesti. Ympäristön varjostukset määritellään kuvion 4 mukaan. (Suomen rakentamismääräyskokoelma. D5 2012, 8.4.6)

$$F_{varjostus} = F_{ympäristö} F_{ylävarjostus} F_{sivuvarjostus} \quad (20)$$

missä

$F_{varjostus}$	varjostusten korjauskerroin
$F_{ympäristö}$	ympäristön horisontaalisten varjostusten korjauskerroin
$F_{ylävarjostus}$	ikkunan yläpuolisten vaakasuorien rakenteiden varjostusten korjauskerroin
$F_{sivuvarjostus}$	ikkunan sivuilla olevien pystysuorien rakenteiden varjostusten korjauskerroin

Ympäristön varjostuskerroin saadaan taulukosta 14. Taulukon 14 sulkeissa olevat varjostuskertoimet suurempia, kun varjostuskulma on 15 astetta ja pienemmät arvot ovat kertoimia kun varjostuskulma on 45 astetta. Ohessa on myös kuvio miten ympäristön varjostus määritellään. Kulman ollessa 0 astetta kerroin on aina 1. Välitulokset saadaan interpoloimalla.

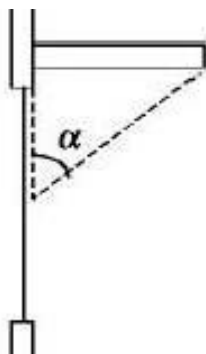


Kuvio 4. Ympäristön varjostuksen määritelmä. (D5 2007, kuva 8.1.)

Taulukko 14. Ympäristön varjostuksen korjauskertoimet. (D5 2007, taulukko 8.6.)

Kuukausi	Ikkunan ilmansuunta		
	Pohjoinen	Itä ja Länsi	Etelä
Tammikuu	0,95 (0,98)	0,60 (0,86)	0,25 (0,75)
Helmikuu	0,90 (0,96)	0,50 (0,83)	0,30 (0,76)
Maaliskuu	0,90 (0,96)	0,50 (0,83)	0,40 (0,80)
Huhtikuu	0,80 (0,93)	0,50 (0,83)	0,50 (0,83)
Toukokuu	0,80 (0,93)	0,55 (0,85)	0,70 (0,90)
Kesäkuu	0,60 (0,86)	0,50 (0,83)	0,75 (0,91)
Heinäkuu	0,70 (0,90)	0,55 (0,85)	0,75 (0,91)
Elokuu	0,65 (0,88)	0,40 (0,80)	0,40 (0,80)
Syyskuu	0,85 (0,95)	0,50 (0,83)	0,45 (0,81)
Lokakuu	0,90 (0,96)	0,55 (0,85)	0,30 (0,76)
Marraskuu	0,90 (0,96)	0,60 (0,86)	0,20 (0,73)
Joulukuu	0,95 (0,98)	0,80 (0,93)	0,20 (0,73)

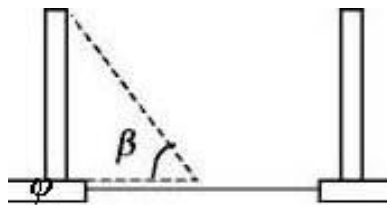
Ylä- ja sivuvarjostuskertoimien arvot saadaan taulukoista 15 ja 16. Kuviossa 5 on esitetty, miten ylävarjostus määräytyy ja kuviossa 6 nähdään, miten sivuvarjostus määräytyy.



Kuvio 5. Ylävarjostuksen määritelmä. (D5 2007, kuva 8.1.)

Taulukko 15. Yläpuolisen varjostuksen korjauskertoimet. (D5 2007, taulukko 8.7.)

Kulma ( $\alpha$ )	Ikkunan ilmansuunta		
	Pohjoinen	Itä ja Länsi	Etelä
0°	1,00	1,00	1,00
10°	0,97	0,98	0,99
20°	0,93	0,95	0,97
30°	0,90	0,92	0,95
40°	0,87	0,88	0,92
45°	0,80	0,81	0,85
60°	0,66	0,65	0,66



Kuvio 6. Sivuvarjostuksen määritelmä. (D5 2007, kuva 8.1.)

Taulukko 16. Sivuvarjostuksen korjauskertoimet. (D5 2007, taulukko 8.8.)

Kulma ( $\beta$ )	Ikkunan ilmansuunta		
	Pohjoinen	Itä ja Länsi	Etelä
0°	1,00	1,00	1,00
10°	0,99	0,97	0,98
20°	0,99	0,94	0,96
30°	0,98	0,90	0,94
40°	0,98	0,87	0,91
45°	0,98	0,82	0,85
60°	0,98	0,73	0,73

## 8.5 Lämpökuormista hyödynnettävä energia

Lämpökuormat, joita rakennukseen tulee, voidaan osittain hyödyntää lämmityksessä. Jotta näitä lämpökuormia voidaan hyödyntää, pitää olla myös lämmitystarvetta. Säätolaitteiden pitää pystyä vähentämään myös muuta lämmöntuottoa niin, että se vastaa lämpökuormista saatua lämmitysenergiaa ja että säätolaitteet vähentävät muun lämmön tuottoa vastaavalla määrällä. Kaavalla 21 lasketaan rakennusten lämpökuormaenergia. (D5 2012, 8.5.)

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{lämmitys, kuorma}} + Q_{\text{lkv, kuorma}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} \quad (21)$$

missä

$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuormaenergia eli muun kuin säätölaitteilla ohjatun lämmityksen kautta rakennuksen sisälle vapautuva lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{henk}}$	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, kuorma}}$	tilojen lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle vapautuva lämpökuormaenergia, kWh
$Q_{\text{lkv, kuorma}}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle vapautuva lämpökuormaenergia, kWh
$Q_{\text{säh}}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle vapautuva lämpökuormaenergia, kWh
$Q_{\text{aur}}$	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh

Lämmityksessä hyödynnettävä energia saadaan, kun lämpökuormaenergia kerrotaan lämpökuormien kuukausittaisen hyödyntämisasteen kanssa (kaava 22)

$$Q_{\text{sis.lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} Q_{\text{lämpökuorma}} \quad (22)$$

missä

$Q_{\text{sis.lämpö}}$	rakennuksen lämpökuormien lämpöenergia, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh
$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste

Lämpökuormien hyödyntämisaste saadaan kaavalla 23.

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} \quad (23)$$

missä

$\gamma$	lämpökuormaenergian suhde lämpöhäviöenergiaan
$a$	numeerinen parametri, joka riippuu aikavakiosta $\tau$

Tätä kaavaa varten on selvitettävä, mikä on lämpökuormaenergian ja lämpöhäviöenergian suhde (kaava 24). Nämä kaksi arvoa on laskettu jo kaavaa 6 käyttäen. Pitää myös tietää, miten lasketaan numeerinen parametri  $a$  (kaava 25). Jotta arvo  $a$  saadaan laskettua, on selvitettävä aikavakio (kaava 26) ja aikavakiota

varten on vielä saatava selville rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti taulukosta 17 ja rakennuksen ominaislämpöhäviö (kaava 27). (D5 2012, 8.5.)

$$\gamma = \frac{Q_{\text{lämpökuorma}}}{Q_{\text{lämpöhäviö}}} \quad (24)$$

missä

$Q_{\text{lämpökuorma}}$	lämpökuormaenergia eli muulla tavalla kuin säätölaitteilla ohjatulla lämmityksellä rakennuksen sisälle vapautuva lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{lämpöhäviö}}$	rakennuksen lämpöhäviöenergia, kWh

$$a = 1 + \frac{\tau}{15} \quad (25)$$

missä

$a$	numeerinen parametri, joka riippuu aikavakiosta $\tau$
$\tau$	rakennuksen aikavakio, h

$$\tau = \frac{C_{\text{rak}}}{H} \quad (26)$$

missä

$\tau$	rakennuksen aikavakio, h
$C_{\text{rak}}$	rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti, Wh/K
$H$	rakennuksen ominaislämpöhäviö W/K

$$H = \frac{Q_{\text{lämpöhäviö}}}{(T_s - T_u)\Delta t} 1000 \quad (27)$$

missä

$H$	rakennuksen ominaislämpöhäviö, W/K
$Q_{\text{lämpöhäviö}}$	rakennuksen lämpöhäviöenergia, kWh
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C
$T_u$	ulkoilman lämpötila, °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos wateiksi

Taulukko 17. Rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti. (D5 2007, taulukko 8.9.)

Rakennetyyppi	Esimerkkirakenteita (US on ulkoseinä, VS väliseinä, VP välipohja, YP yläpohja ja AP on alapohja)	$C_{rak\ oin}$ Wh/(brm <sup>2</sup> K)
Pientalot		
Kevytrakenteinen	US, VS, YP, AP kevyitä rankarakenteita	40
Keskiraskas I	US, VS, YP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	70
Keskiraskas II	US harkko tai massiivihirsi, VS, YP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	110
Raskasrakenteinen	US betoni tai tiili, VS harkko tai tiili, YP, AP betoni	200
Asuinkerrostalot		
Kevytrakenteinen	US, VS, VP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	40
Keskiraskas	US kevyitä rankarakenteita, VS kevyitä rankarakenteita tai betoni, VP betoni, AP betoni	160
Raskasrakenteinen	US betoni, VS harkko tai betoni, VP betoni, AP betoni	220
Toimistorakennukset		
Kevytrakenteinen	US, VS, VP kevyitä rankarakenteita, AP betoni	70
Keskiraskas	US kevyitä rankarakenteita, VS kevyitä rankarakenteita tai betoni, VP betoni, AP betoni	110
Raskasrakenteinen	US betoni, VS harkko tai betoni, VP betoni, AP betoni	160
Muut rakennukset		
Sovelletaan taulukon arvoja tai tehollinen lämpökapasiteetti lasketaan esimerkiksi standardien SFS-EN ISO 13786 tai SFS-EN ISO 13790 mukaan.		

## 9 Energiankulutus

Edellä on esitetty laskelmia, joita pitää tehdä saadakseen selville rakennuksen E-luku. Rakennuksen ostoenergian määrä saadaan laskemalla rakennuksen energiankulutus ja jakamalla se energiamuodon kertoimella. Rakennuksen energiankulutus saadaan laskemalla lämmitysenergian kulutus ja laitteiden sähköenergiankulutus yhteen. Laitesähkönkulutus on laskettu jo aiemmin kaavalla 11, joten ainoa selvittettävä asia on enää lämmitysenergiankulutus. (D5 2012, 3.)

Jotta saa tietoonsa rakennuksen lämmitysenergian kulutuksen, pitää ensin tietää tilojen lämmitysenergiankulutuksen ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian yhteenlaskettu kulutus (kaava 28). Tilojen lämmitysenergiakulutuksen laskennassa pitää tietää tilojen lämmityksen nettoenergiantarve (kaava 29) ja lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt (kaava 6). Poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja tilojen lämmityksessä hyödynnetty energia pitää myös laskea (kaava 30) ja tätä varten on myös selvittettävä poistoilmalämpöpumpulla talteen otettu ja tilojen tai käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia (kaava 31). Käyttöveden lämmityksen energiankulutus saadaan laskemalla kaavat 7, 9 ja 31 yhteen. (D5 2012, 3.3.)

$$Q_{\text{lämmitys}} = Q_{\text{lämmitys,tilat}} + Q_{\text{lkv}} + Q_{\text{lkv}} + Q_{\text{lp}}/\varepsilon_{\text{LP}} \quad (28)$$

missä

$Q_{\text{lämmitys}}$	rakennuksen lämmitysenergiankulutus, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus, kWh
$Q_{\text{lkv}}$	käyttöveden lämmityksen energiankulutus, kWh
$Q_{\text{LP}}$	poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja tilojen tai käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh
$\varepsilon_{\text{LP}}$	poistoilmalämpöpumpun vuotuinen lämpökerroin

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}} - Q_{LP,\text{tilat}} \quad (29)$$

missä

$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$	rakennuksen tilojen lämmityksen nettoenergiantarve, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}}$	rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{LP, \text{tilat}}$	poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja tilojen lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh

$$Q_{LP} = \frac{\varepsilon_{LP}}{(\varepsilon_{LP}-1)} Q_{LTO,LP} \quad (30)$$

$$Q_{LTO,LP} = \frac{\sum((T_s - T_{jäte})\Delta t)}{\sum((T_s - T_u)\Delta t)} Q_{iv,eiLTO} \quad (31)$$

missä

$Q_{LTO, LP}$	poistoilmalämpöpumpulla talteenotettu ja tilojen tai käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh
$Q_{iv, ei LTO}$	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia ilman LTO:a, kWh
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C
$T_{jäte}$	jäteilman lämpötila, °C
$T_u$	ulkoilman lämpötila, °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
$Q_{LP}$	poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja tilojen tai käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh
$e_{LP}$	poistoilmalämpöpumpun vuotuinen lämpökerroin

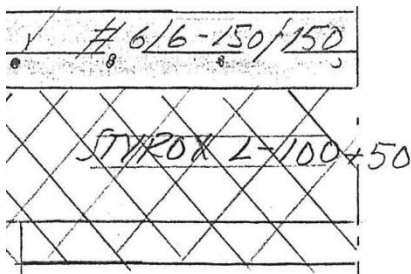


## 10 Merilänraitti 9

Rakennus on paikalla rakennettu puurunkoinen omakotitalo, joka valmistui vuonna 2007. Energiaselvityksen tekoon käytettiin ohjelmaa nimeltä Energiajunior 7.1, joka perustuu rakennusmääräyskokoelman osiin D3 ja D5. Siitä saadut tulokset ovat liitteenä (2). E-luvuksi tuli 165 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi, joka ylittää matalaenergiarajan 15 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi. Ohessa käydään läpi talon nykyiset rakenteet ja talotekniset ratkaisut. Energialaskennassa käytettiin ilmanvuotolukuna 2, mutta parannetussa ratkaisussa käytetään arvoa 1. Samalla esitetään parannusehdotuksia, joilla saataisiin energiankulutusta pienemmäksi niin, että se olisi jo huomattavasti matalaenergia rajan alapuolella. Parannetuissa rakenneratkaisuissa käytetään SPU-eristeitä. Toinen energialaskelma tullaan suorittamaan niin, että rakennuksessa käytetään maalämpöä kaukolämmön sijaan. Talon katolla asennetaan aurinkokeräimiä, jotka laskevat rakennuksen laitesähkön tarvetta. Toinen energialaskelma löytyy myös liitteenä (liite 3) ja se on tehty myös Energiajunior ohjelmalla. Rakennuksen rakenne- ja julkisivukuvat ovat liitteinä (liite 1).

### Maanvarainen alapohja.

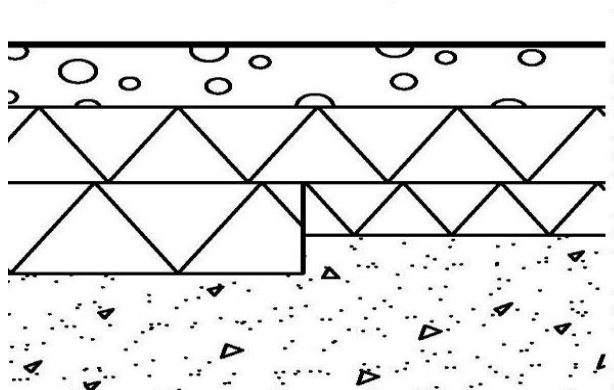
Alkuperäisessä rakenteessa on käytetty perinteistä mallia, jossa 80 mm betonilaatan alla on 100 mm polystyreenieriste ja reuna-alueilla polystyreenieristettä on 50 mm enemmän. Polystyreenin alapuolella on 200 mm kevytsoraa. Sokkeliharkon välissä ei ole eristettä, vaan 50 mm polystyreenieriste on harkon sisäreunassa. Tämän rakenteen U-arvo on 0,185 W/m<sup>2</sup>K (kuvio 7).



Kuvio 7. Alkuperäinen alapohjarakenne.

Parannetussa alapohjarakenteessa on käytetty SPU-eristettä (kuvio 8). Alapohja on eristetty kahdella eri kerroksella, mikä parantaa tiiveyttä huomattavasti, sillä

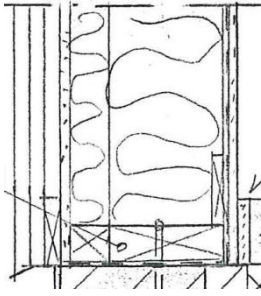
saumat saadaan limitettyä. Reuna-alueilla eristevahvuus on 220 mm, joka koostuu 100 mm:n levystä ja 120 mm:n levystä. Keskialueilla rakenne on muuten sama, mutta 120 mm:n levy on korvattu 70 mm:n levyllä. Yhtenäinen pintakerros syntyy 100 mm:n eristelevystä, jonka päälle voidaan valaa betonilaatta. SPU-eristelevyt toimivat myös radonkatkona, jolloin erillistä radoneristystä ei tarvitse tehdä. Sokkelirakenne on samankaltainen kuin alkuperäisessä rakenteessa, mutta eristelevy on 150 mm paksu ja se on sokkelin kylmällä puolella. Se myös jatkuu yhtenäisenä eristeenä seinälle asti. Tämän rakenteen U-arvo on  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ . (SPU passiivitalo suunnitteluohjeet. 7.4.2011.)



Kuvio 8. Alapohja SPU-eristeellä. (Spu passiivitalo-suunnitteluohje ja kuvat, 31.8.2011.)

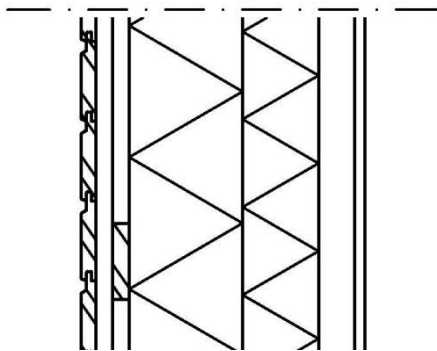
### Seinärakenne.

Rakennuksen nykyinen seinärakenne on 300 mm paksuinen (kuvio 9). Vuorausmateriaalina on ulkoverhouspaneeli ja ilmarako on tehty ristiin koolaamalla. Lämmöneristeenä on tuulensuojalevy, 50 mm mineraalivillaa ja vielä 150 mm mineraalivillaa. Seuraavana on höyrynsulkumuovi, koolaus ja kipsilevy. Rakenne on hyvin perinteinen pientalon runkoratkaisu. Tämän rakenteen U-arvo on  $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



Kuvio 9. Alkuperäinen seinärakenne.

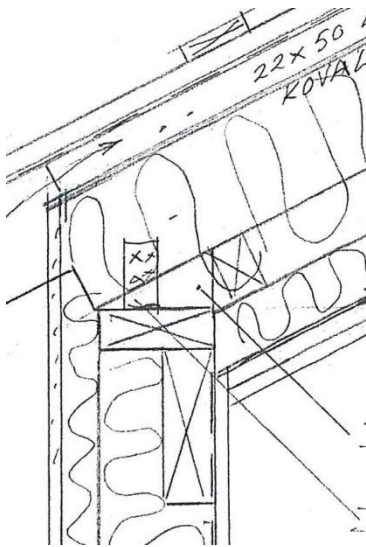
SPU-eristelevyt ovat pontattuja, joten rakenteesta saadaan hyvin ilmatiivis ja erillistä höyrynsulkua ei tarvita (kuvio 10). Runkovahvuutena on sama 150 x 50, eristelevy, johon SPU AL 100 sopii mainiosti. Eristelevy asennetaan rungon ulkopinnan kanssa tasan ja saumavälit vaahdotetaan ilmatiiviiksi. Ulkopuolen eristämiseen käytetään SPU AL 150 mm -levyä. Ulkopuolen eristämisessä ei levyjen saumojen tarvitse enää osua runkotalppien kohdalle ja levyt voidaan myös asentaa vaakaan tai pystyyn. Tämä eristekerros alkaa jo sokkelista ja jatkuu yhtenäisenä koko seinän matkan. Tärkeä työvaihe on myös muistaa vaahdottaa levyjen saumat tiiviiksi. Saumausvara on syytä olla vähintään 10 mm. Eristelevyjä ei ensin kiinnitetä turhan voimakkaasti runkoon kiinni, vaan ulkoverhouksen koolauksen yhteydessä tapahtuu lopullinen kiinnitys. Runkotalppien sijainti on myös hyvä muistaa merkitä eristeeseen, jotta säästyttäisiin turhalta päänvaivalta. Tämän rakenteen U-arvo on 0,09 W/m<sup>2</sup>K. (SPU passiivitalo suunnitteluohjeet. 7.4.2011.)



Kuvio 10. Seinärakenne SPU-eristeellä. (Spu passiivitalo-suunnitteluohje ja kuvat, 31.8.2011.)

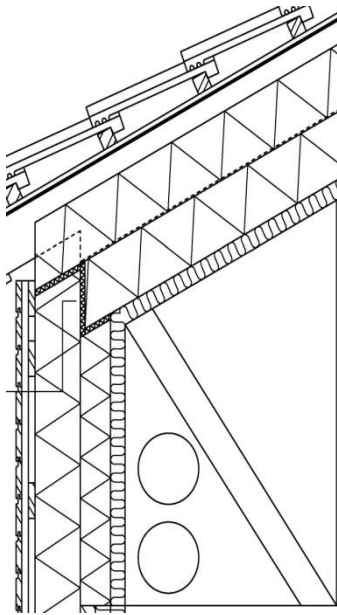
### Yläpohja.

Yläpohjan kantavana rakenteena toimii naulalevyrakenteiset kattotuolit ja katteena on peltikate (Kuvio 11). Eristeenä rakenteessa on tuulensuojalevy ja 300 mm puhallusvillaa. Katto on ylös asti auki, paitsi harjan kohdalla on alaslasku. Rakenteen U-arvo on  $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



Kuvio 11. Alkuperäinen yläpohjarakenne.

Yläpohjan rakenne pysyy muuten samana, mutta eristeet vaihdetaan SPU AL 170 mm eristelevyyn (kuvio 12). Seinäeristys nousee aina räystääslinjaan asti, jolloin eristeiden tiiveydestä saadaan erittäin hyvä. Vaikka SPU-eristeet ovat erittäin tiiviitä, on yläpohjarakenteeseen laitettava aluskate ja ilmarako ennen katteen asentamista. Varsinainen lämmöneristys tehdään kahdella SPU AL 170 mm levyllä. Tärkeimpänä yksittäisenä asiana on SPU-eristelevyjen saumojen erittäin huolellinen vaahdotus, jolla tarkoitetaan eristelevyjen saumojen vaahdotusta uretaani-massalla niin, että ilmavuotoja ei synny. Kaikista helpointa eristelevyt on asentaa yläpuolelta, jos säät sen sallivat ja sisäpuolen koolaus on jo tehtynä. Tämän rakenteen U-arvo on  $0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$ . (SPU passiivitalo suunnitteluohjeet. 7.4.2011.)



Kuvio 12. Yläpohjarakenne SPU-eristeellä. (Spu passiivitalo-suunnitteluohje ja kuvat, 31.8.2011.)

### Katto.

Katolle on mahdollista myös asentaa aurinkopaneelijärjestelmä, sillä toinen lape on etelään, kuten liitteenä olevasta julkisivukuvasta käy ilmi. Katteen pinta-ala on  $52 \text{ m}^2$ , joten koon ja suuntauksen puolesta paikka olisi otollinen. Rakennuksessa ei ole erillistä lämminvesivaraajaa, joten aurinkosähköjärjestelmän tulisi olla sähköverkkoon kytketty järjestelmä, joka muuttaa säteilyenergian suoraan sähköksi. Tällaisia järjestelmiä löytyy esimerkiksi Finnwoodilta. Heidän tuotteensa lupaa yhden paneelin vuotuiseksi sähköntuotoksi noin  $220 \text{ kWh}$ , jos rakennus sijaitsee Etelä-Suomessa. Yhden paneelin koko on  $1,7 \text{ m}^2$ , joten paneeleja mahtuisi katolle noin 28 kappaletta. Tällä määrällä tuottaisi  $6160 \text{ kWh}$  vuodessa sähköä, mikä vastaisi noin 60 prosenttia alkuperäisillä rakenteilla lasketun rakennuksen laitesähkön tarpeesta. Tämän järjestelmän hinnaksi tulisi yli  $20000 \text{ €}$  Finnwoodin kotisivujen mukaan. Sähkön hinnan ollessa noin  $15 \text{ s/kWh}$  tulisi vuotuisesti sähkönhinnaksi ilman aurinkokeräimiä noin  $1500 \text{ €}$  ja aurinkokeräimien kanssa rahaa menisi noin  $600 \text{ €}$ . Takaisinmaksuaika olisi yli 20 vuotta. Aurinkoenergian käyttö on lisääntynyt huomattavasti viime vuosina ja tekniikka on myös kehittynyt huimaa vauhtia. Nykyään on myös mahdollista korvata perinteinen katemateriaali aurinkopaneeleista rakennettuun katteeseen. Aurinkopaneelijärjestelmien hinnat ovat myös laskeneet kolmen viime vuoden

aikana lähes 70 prosenttia. Tulevaisuudessa hinnat tulevat luultavasti laskemaan vielä jonkin verran, mutta laitteet tulevat paranemaan erittäin paljon. Aurinkoenergia on tulevaisuuden energia ja miksei jo nykypäivänkin, sillä 20 vuoden takaisinmaksuaika ei kuitenkaan ole kovin suuri. (Finnwind Oy, 26.3.2012)

### **Ikkunat ja ovet.**

Ikkunat ja ovet ovat aina heikoin ulkovaipan eristävä osa ja näin ollen niiden asentamiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Ovien ja ikkunoiden suuntauksiin tulee kiinnittää huomiota suunnitteluvaiheessa ja rakentamisvaiheessa saumojen tiivistys tulee tehdä suurta tarkkaavaisuutta noudattaen. (SPU passiivitalo suunnitteluohjeet. 7.4.2011.)

Rakennuksessa on yhteensä 25,2 m<sup>2</sup> ikkunoita, jotka suuntautuvat seuraavasti: Pohjoiseen 4 m<sup>2</sup>, itään 5,52 m<sup>2</sup>, etelään 7,94 m<sup>2</sup> ja länteen 7,75 m<sup>2</sup>. Nämä tiedot löytyvät myös Energiajunior-liitteistä (liitteet 2 ja 3). Ikkunat ovat Fenestran Primus-ikkunoita, joiden U-arvo on 1 W/m<sup>2</sup>K. Ikkunoiden vaihtaminen Fenestran Polaris-malliin laskisi U-arvon vähintään 0,8 W/m<sup>2</sup>K:een. (Fenestra-ikkunat, 22.5.2012.)

Ovia talossa on yhteensä 6 m<sup>2</sup>, joista yksi on ulko-ovi ja kaksi on terassin ovia. Ulko-ovi on Fenestran FE44, jonka U-arvo on suurempi kuin 1 ja terassin ovet ovat mallia IOU 12 - 18 AL, joiden U-arvoja ei ole esitetty, joten laskelmissa käytettiin sille U-arvoa 1,2 W/m<sup>2</sup>K. Molemmat ovet ovat yksilehtisiä. Ovien vaihtaminen Polar malliston oviin laskisi ulko-oven U-arvon 0,7 W/m<sup>2</sup>K:iin ja terassin ovien U-arvon 0,8 W/m<sup>2</sup>K:iin. (Fenestra-ovet ovikatalogi, 23.5.2012.)

### **Lämmitysjärjestelmä ja LTO- kone**

Rakennuksen lämmöntuotto tulee kaukolämmöstä, jonka energiamuodon kerroin on 1. Lämmitysjärjestelmänä on vesikiertoinen lattialämmitys. LTO-koneen malli on Vallox SE. Laitteen tiedoissa kerrotaan, että sen suurin ominaissähköteho on 2 kW/(m<sup>3</sup>/s) ja laitteen hyötysuhde on vähintään 60 prosenttia. LTO-kone on hyötysuhteeltaan erittäin hyvä, joten sitä ei kannattaisi vaihtaa. (Vallox Digit SE. 4.6.2006. Käyttö- ja huolto-ohje.)

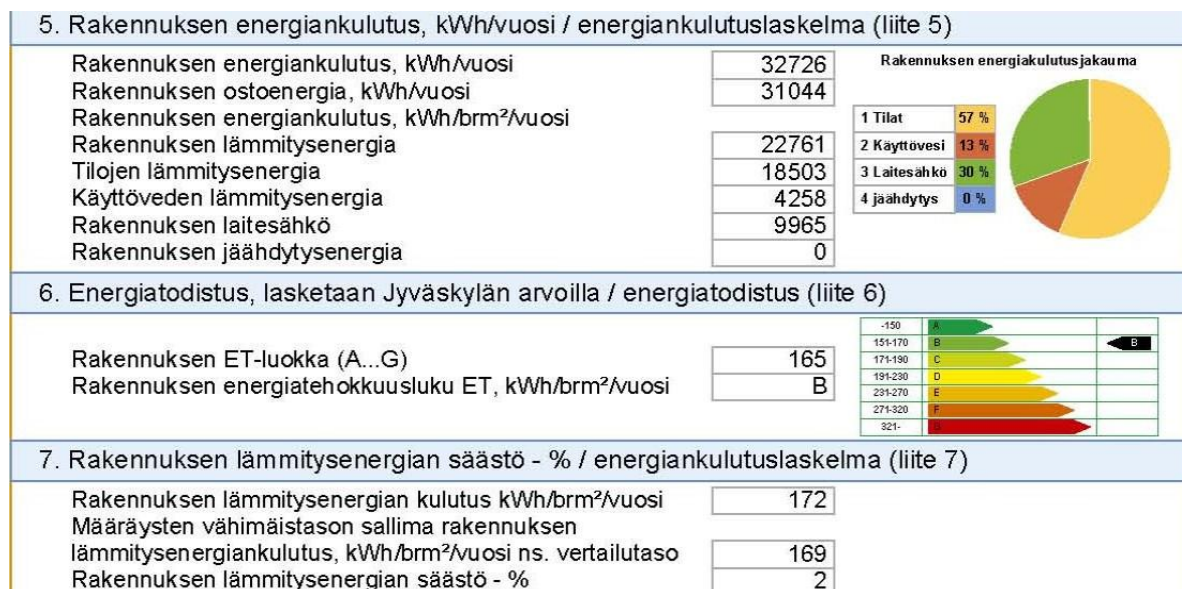
## 11 Yhteenveto ja pohdinta

Työ aloitettiin käymällä läpi hieman lainsäädäntöä ja sitä, mikä on johtanut energiatehokkuuden parantamiseen. Yleinen mieliala luonnon hyvinvoinnin parantamiseen näkyy myös uusissa määräyksissä ja tiukennukset ovat olleet melko mittavia ja tulleet voimaan hyvin lyhyen ajan kuluessa. Suomelle on myös annettu erikoisvapauksia määräyksiin johtuen Suomen maantieteellisestä sijainnista. Kaikkia määräyksiä ei ole edes vielä toteutettu loppuun, vaan ne tulevat asteittain, kuten esimerkiksi korjausrakentamisen energiatehokkuusmääräykset. Lyhyt aikaväli määräysten muuttamisessa on aiheuttanut pientä epäselvyyttä suunnittelun ja tuotannon puolella, sillä yhteiset pelisäännöt ovat vielä hieman epäselviä. Nopeassa uusimisessa on myös hyviä puolia. Tällä kertaa muutokset tulivat ennen kuin vanhat määräykset olivat jo liian syvälle juurtuneita. Nyt oli helpompi sisäistää uutta asiaa, koska aikaisemmin ilmestyneet määräykset eivät olleet vielä löytäneet täydellisesti paikkaansa. Uusissa määräyksissä on myös enemmän vaihtoehtoja, joilla kokonaisenergiankulutusta saadaan pienemmäksi ja suurimpana uudistuksena on primäärienergian huomioon ottaminen laskelmissa. Uusilla määräyksillä on huomattavasti helpompi päästä matalaenergiarakentamiseen, sillä ratkaisuja on enemmän.

Itse laskenta ja niiden määräykset ovat melko haastavat. Kaavoja on erittäin paljon ja lähtötiedot pitää olla hyvin hallussa, jos laskennassa aikoo ottaa kaiken huomioon. Laskennasta tekee myös vaikeaa sen, että joka aiheessa käsitellään hieman samoja asioita ja eri kaavojen sekoittaminen saattaa tapahtua helposti. Mikään asia ei myöskään ole niin yksiselitteinen kuin se aluksi näyttää, vaan pinnan alta esiin tulee paljon uutta tietoa, mikä pitää osata joko huomioida tai jättää käyttämättä. Nykyään on hyviä ohjelmia, joilla energialaskelmat voi tehdä, mutta pääsääntöisesti ne ovat maksullisia. Tässä opinnäytetyössä laskelmat tehtiin ohjelmalla nimeltä Energiajunior 7.1. Ohjelma on suomalaisten kehittämä ja on tällä hetkellä pientalojen energialaskelmien tekoon hintalaatu-suhteeltaan paras. Ohjelmalla on myös lisenssi, jolla pätevästi henkilö voi tehdä pientalojen energiaselvityksiä. Päivityksiä ohjelmaan on tulossa lähiaikana uusien määräysten tullessa voimaa. Tämä työ valitettavasti tehtiin vielä vanhalla versiolla. Ohjelman

käyttö oli melko yksinkertaista, mutta lähtötietoja rakennuksesta piti olla. Uudisrakentamisessa, jossa energiasuunnitelma pitää olla jo lupavaiheessa tehtynä, saattaa aiheuttaa ongelmia suunnitelmien paikkaansapitävyyden kanssa. Suurin osa asioista tiedetään, mutta ei kaikkea. Voisi ajatella, että myös ensimmäinen energialaskelma olisi suunta antava ja sitä voisi päivittää muun suunnittelun ohessa. Lämpökuormien laskennassa varsinkin saattaa esiintyä ongelmia, sillä harvoin vielä suunnitteluvaiheessa kaikki ikkunaverhot tai varjostukset on valmiiksi mietitty, myöskään asukasmäärää ei välttämättä tiedetä.

### 11.1 Tulosten vertailu

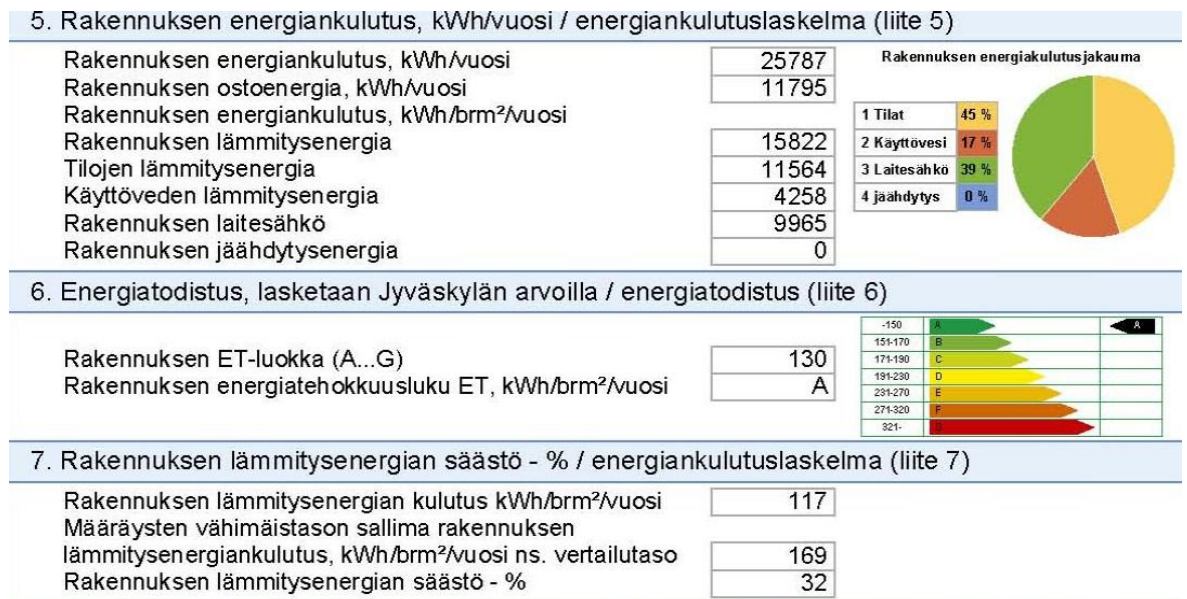


Kuvio 13. Rakennuksen energiankulutus alkuperäisillä rakenteilla. (Liite 2.)

Kuviossa 13 on esitetty energiakulutukset alkuperäisillä arvoilla ja näistä selviää, että vertailutaso on hieman pienempi kuin suunnittelutaso, joten rakennuksen energiatehokkuusluku on B. Kuvioista 14 nähdään energian säästöt, jotka syntyvät uusilla rakenteilla. Suurimmat säästöt tulevat rakennuksen energiakulutuksesta, sillä uudet rakenteet ovat huomattavasti parempia tällä saralla. Laitesähkö kulutuksessa ei ole eroa. Ohjelman uudessa versiossa on mahdollisuus myös vaikuttaa rakennuksen laitteisiin. Pelkästään näillä ratkaisuilla rakennuksen lämmitysenergian kulutus on 32 prosenttia pienempi. Energiajunior 7.1 ohjelmalla



ei myöskään pysty vaikuttamaan rakennuksen ulkopuolisiin varjostuksiin, vaan tämä toiminto tulee vasta uuteen ohjelmaversioon.



Kuvio 14. Rakennuksen energiankulutus uusilla rakenteilla (Liite 3)

Viimeisessä vaiheessa esitettiin parannusehdotuksia rakennukseen, jotta energiatehokkuus saataisiin mahdollisimman hyväksi. Uusilla materiaaleilla on erittäin suuri vaikutus energiatehokkuuden parantamiseksi. Uusilla materiaaleilla saadaan myös vaipparakenteet pidettyä riittävän ohuina. Tässä työssä on käytetty SPU-järjestelmän lämmöneristeitä, sillä ne ovat nykyään alansa parhaimmistoa. Uretaanilevyjä käytettäessä lämmöneristeenä on rakentamisvaiheessa kiinnitettävä erittäin suurta huolellisuutta tiiveyteen. Pientaloja rakennettaessa on näistä asioista helpompi pitää huolta, sillä valvottava työ on pienempi ja työhön osallistuminen on helpompaa. Isommissa kohteissa valvonnan määrä laskee ja työnjohto ei ehdi tarkastaa jokaista rakennetta erikseen, joten työn laatuun on luotettava. Tarkastuksiin on nykyään panostettava entistä enemmän ja välitarkastuksia on tehtävä useammin, mikä aiheuttaa työtä sekä valvojille ja että työnjohtolle. Kun uudet materiaalit ovat tulleet markkinoille ja kokemukset niistä paranevat, paranee myös ammattitaito niiden työstämiseen, jolloin taas tarkastamiseen ei kulu enää niin paljon aikaa.

Uudet energiamääräykset vievät rakentamista vauhdilla eteenpäin ja uusia innovaatioita syntyy lähes päivittäin. Nyt voisi olla aika hiljentää hieman

uudistusten määrää ja keskittyä nykyisten määräysten sisään ajamiseen ja yhteisten pelisääntöjen kehittämiseen. Kokonaisvaltaisten ratkaisujen esittäminen olisi myös tärkeää, jotta työstä näkisi enemmän sen kokonaiskuvan. Liian nopea eteenpäin meneminen voi turhauttaa ja monia hyviä keksintöjä saattaa jäädä syntymättä kiireen vuoksi. Olisi myös hyvä, että uusista ratkaisuista pidettäisiin enemmän ääntä ja hyväksi todetut ratkaisut otettaisiin käyttöön laajemmin. Turha vastuun jakaminen ja ainainen toisen syyttäminen pitäisi loppua, jotta rakentamisesta tulisi oikeasti toimivaa. Nykyajan rakentamiseen liittyy niin paljon eri aloja, että ilman yhteistyötä ei uudisrakentamisesta nykypäivänä tule mitään, vaan kaikkien on opittava yhteistyön tärkeys.

## LÄHTEET

D3. 30.3.2012. Rakennuksen energiatehokkuus: Määräykset ja ohjeet 2012. [WWW-dokumentti]. Valtioneuvosto: Ympäristöministeriö. [Viitattu 10.4.2012]. Saatavana:

[http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf)

D5. 19.6.2007. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet. [WWW-dokumentti]. Valtioneuvosto: Ympäristöministeriö. [Viitattu 10.4.2012]. Saatavana:

<http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf>

Direktiivi 2010/31/EU. 18.6.2010. Rakennusten energiatehokkuus.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=119069&lan=sv>

Fenestra-ikkunat. ei päiväystä. [www-dokumentti]. Fenestra Oy. [Viitattu 22.5.2012] Saatavana: <http://fenestra.smartpage.fi/fi/ikkunat-2011/>

Fenestra-ovet ovikatalogi. ei päiväystä. [www-dokumentti]. Fenestra Oy. [Viitattu 23.5.2012] Saatavana: [http://fenestra.smartpage.fi/fi/ulko-oviesite\\_2012/files/fenestra\\_ulko-oviesite\\_2012.pdf](http://fenestra.smartpage.fi/fi/ulko-oviesite_2012/files/fenestra_ulko-oviesite_2012.pdf)

Finnwind Oy. 26.3.2012. Aurinko E-aurinkosähköjärjestelmien yleisesite. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 21.5.2012]. Saatavana:

<http://www.finnwind.fi/aurinko/Aurinko-E-sarja-yleisesite.pdf>

Spu passiivitalo suunnitteluohjeet. 7.4.2011. [WWW-dokumentti]. Kankaanpää: SPU systems oy. [Viitattu 25.4.2012]. Saatavana:

[http://www.spu.fi/files/spu/passiivitalo%20suunnitteluohjeet%20060411/SPU\\_Passiivitalo\\_-\\_suunnitteluohje.pdf](http://www.spu.fi/files/spu/passiivitalo%20suunnitteluohjeet%20060411/SPU_Passiivitalo_-_suunnitteluohje.pdf)

SPU Passiivitalo - suunnitteluohje ja kuvat. 31.8.2011. Spu detaljikirjasto. [WWW-dokumentti]. Kankaanpää: Spu systems Oy. [Viitattu 25.4.2012]. Saatavana:

<http://www.spu.fi/spu-passiivitalo-suunnitteluohjeet>

Vallox Digit SE. 4.6.2006. Käyttö- ja huolto-ohje. Loimaa: Vallox Oy. [Viitattu 24.5.2012].

L.13.4.2007/487. Laki rakennuksen energiatehokkuudesta.

## **LIITTEET**

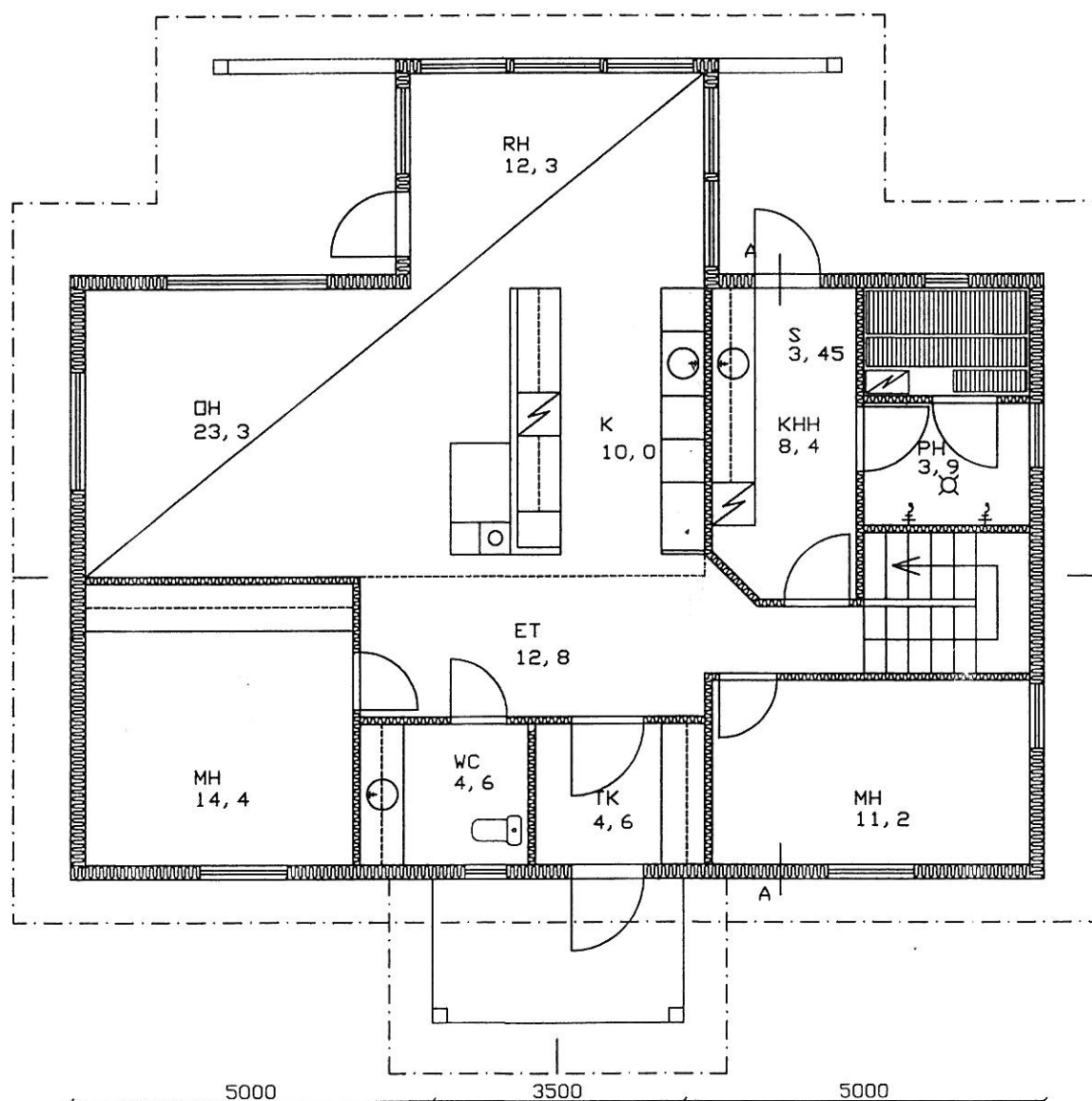
Liite 1. Merilänraitti 9 pohja-, julkisivu- ja leikkauskuva.

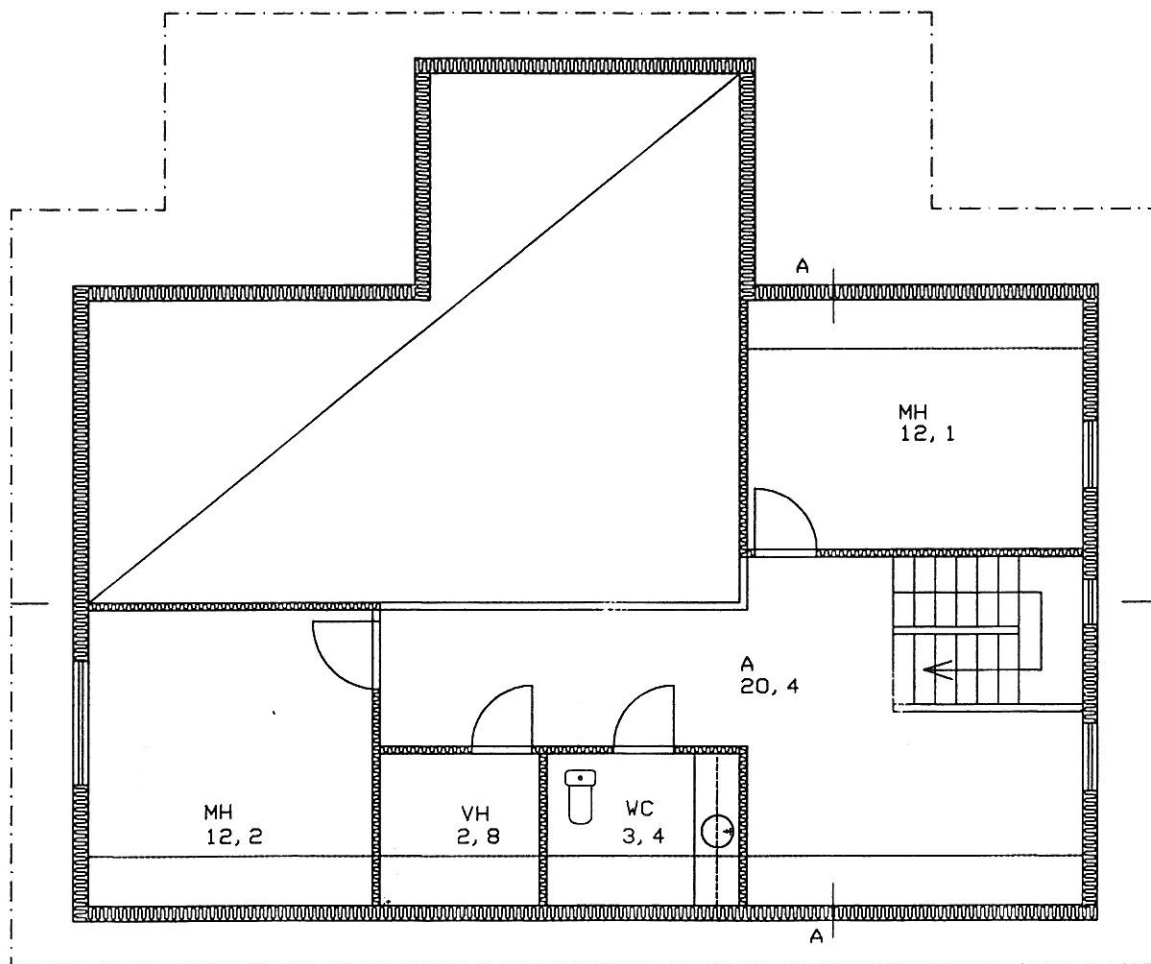
Liite 2. Energialaskelmat alkuperäisillä rakenteilla.

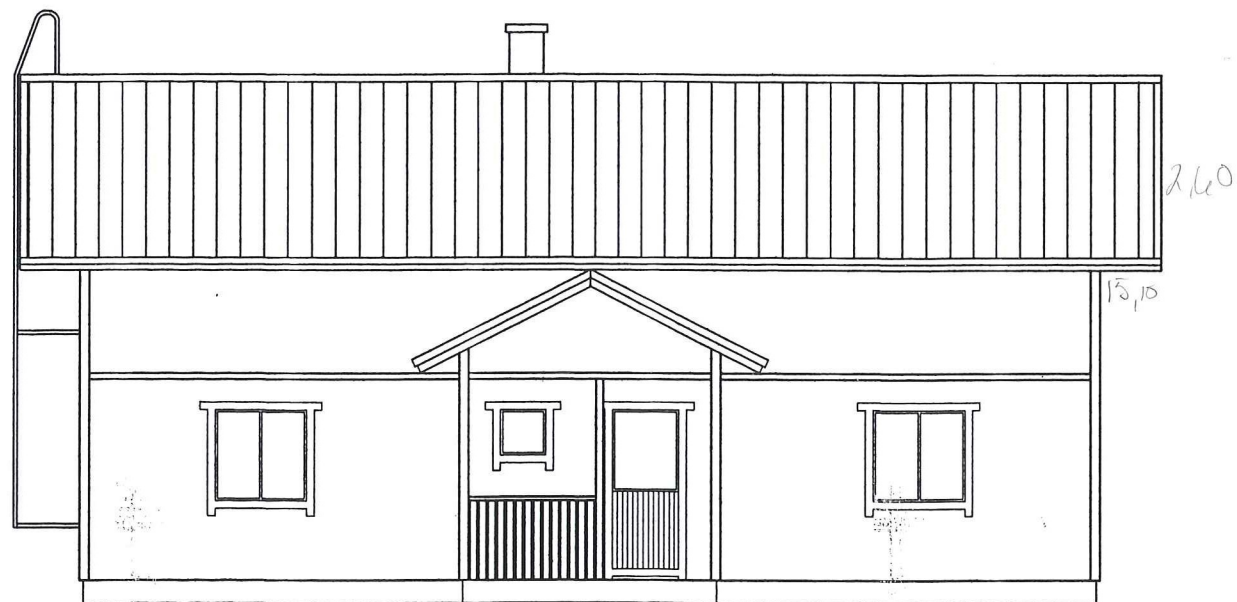
Liite 3. Energialaskelmat uusilla rakenteilla.

13500  
4500 4500 4500

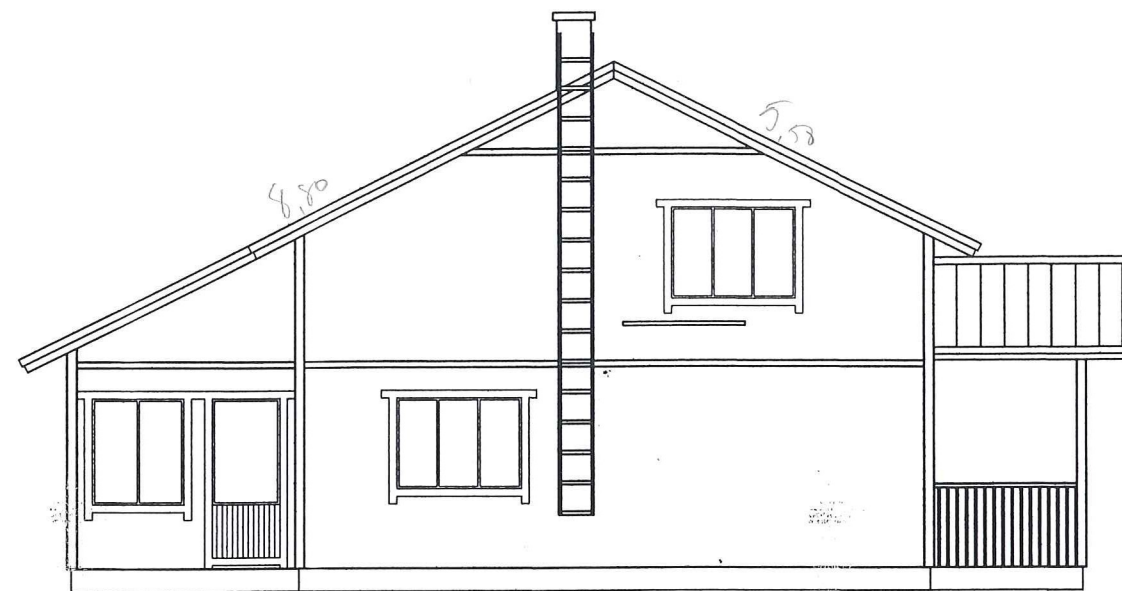
13400  
8400  
3000  
2000







POHJOISEEN

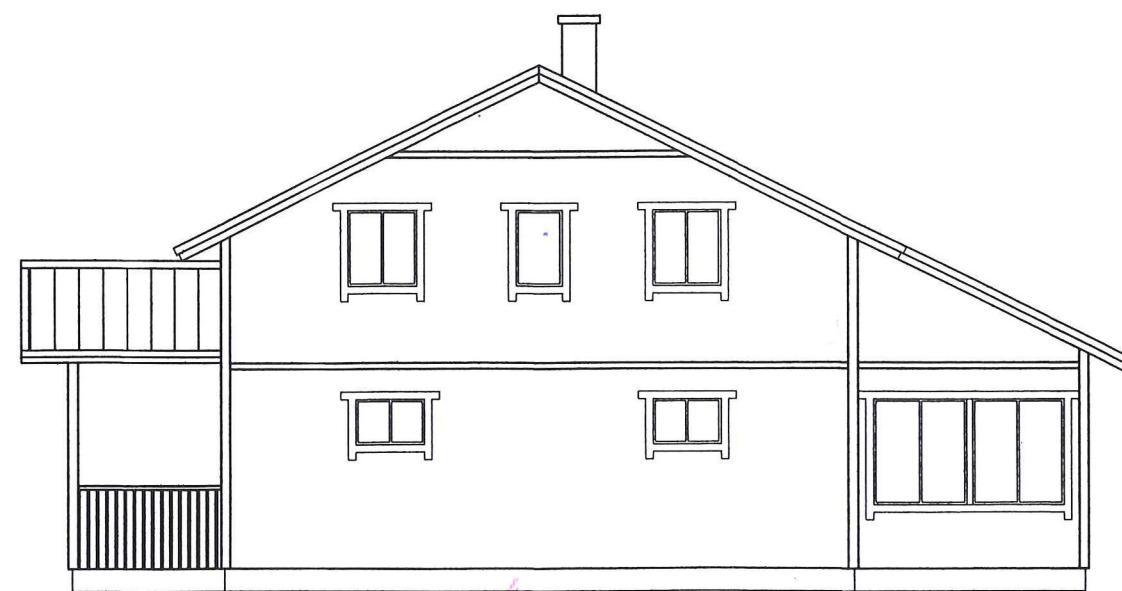


ITÄÄN



ETELÄÄN

1. PYSTYRIMOITETTU RAAKALAUTA, HARMAA
2. NURKKA-, OTSA-, PIELILAUDAT, VALKOINEN
3. PELTIKATE, GRAFIITIN HARMAA
4. HARKKO, SLAMMAUS



LÄNTÄÄN



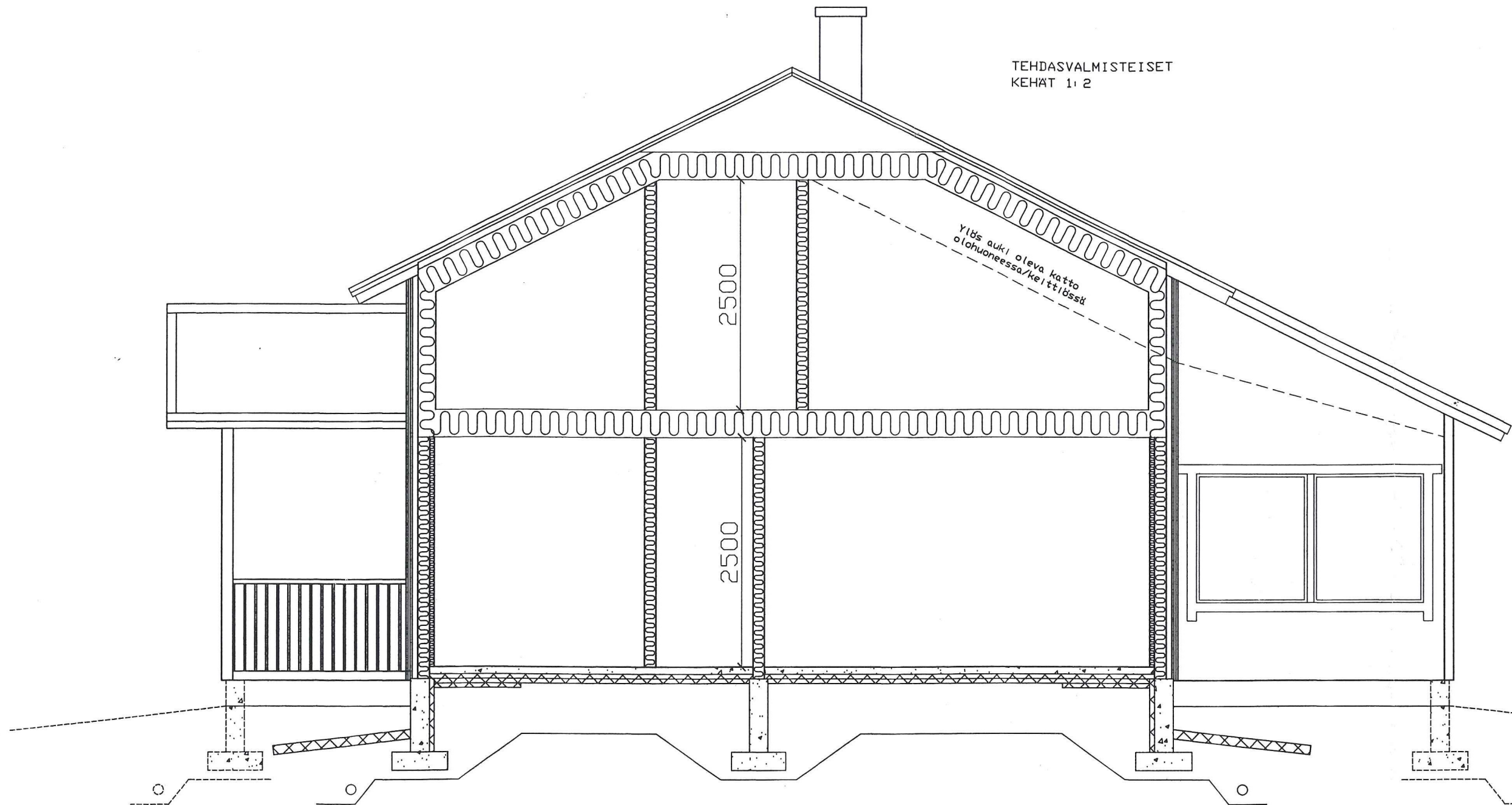
TEHDASVALMISTEISET  
KEHÄT 1:2

— 6,52

— 4,2

— 0,0

— -1,13



VK+YP  
PELTIKATE  
RUOTEET KATEVALMISTAJAN OHJEIDEN MUKAAN  
TUULETUSRIMAT 50x22  
ALUSKATE  
KANTAVA PUURAKENNE RAKENNESUUNNITELMAN MUKAAN  
LÄMMÖNERISTE 300  
(TUULENSUOJA MIN.VILLA 50 + MIN.VILLA 250)  
HÖYRYNSULKUMUOVI  
KOOLAUS  
KIPSILEVY 13

YP 2  
KANTAVA PUURAKENNE RAKENNESUUNNITELMAN MUKAAN  
LÄMMÖNERISTE 300  
(TUULENSUOJA MIN.VILLA 50 + MIN.VILLA 250)  
HÖYRYNSULKUMUOVI  
KOOLAUS  
KIPSILEVY 13

US 1  
ULKOVERHOUSPANEELI  
VAAKA+PYSTYRIMOITUS TAI PYSTYRIMOITUS  
TUULESUOJALEVY (esim. puukuitulevy 12 mm)  
VAAKARIMOITUS k 600 + MIN.VILLA 50  
PYSTYRUNKO 50x150 k 600 + MIN.VILLA 150  
HÖYRYNSULKUMUOVI  
KOOLAUS  
KIPSILEVY 13

US, PESUHUONE  
ULKOVERHOUSPANEELI  
VAAKA+PYSTYRIMOITUS TAI PYSTYRIMOITUS  
TUULESUOJALEVY (esim. puukuitulevy 12 mm)  
VAAKARIMOITUS k 600 + MIN.VILLA 50  
PYSTYRUNKO 50x150 k 600 + MIN.VILLA 150  
SITKÄE SUOJAPAPERI  
2 X KIPSILEVY 13  
VEDENERISTYS  
SEINÄLAATOITUS

US, KODINHOITOHUONE  
ULKOVERHOUSPANEELI  
VAAKA+PYSTYRIMOITUS TAI PYSTYRIMOITUS  
TUULESUOJALEVY (esim. puukuitulevy 12 mm)  
VAAKARIMOITUS k 600 + MIN.VILLA 50  
PYSTYRUNKO 50x150 k 600 + MIN.VILLA 150  
SITKEÄ SUOJAPAPERI  
2 X KIPSILEVY 13  
VEDENERISTYS  
SEINÄLAATOITUS





## Energiaselvityksen tulosten yhteenveto

Rakennuskohde:  Osoite:

Rakennustyyppi:

Pääsuunnittelija:  Pvm:  Allekirjoitus:

Selvityksen tekijä:  Pvm:  Allekirjoitus:

Rakennuslupa Nro:  Viranomaismerkintöjä:

### 1. Rakennuksen ominaislämpöhäviötarkastelu / tasauslaskelma (liite 1)

Lämpöhäviö on % tasauslaskelman D3-2010 vertailutasosta  %  
 Kyllä ☒ Ei ☐

Suunnitteluratkaisu täyttää vaatimukset  
 Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 %  
 vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä

	Kyllä	Ei	85 % Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo
-lämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="143,44"/>	<input type="text" value="172,07"/>
-puolilämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Suunnitteluratkaisu vastaa matalaenergiarakennuksen  
 Lämpöhäviötasoa ☐ ☒

### 2. Ilmanvaihtojärjestelmä ja rakennuksen tiiveys (liite 2)

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, SFP, kW/m<sup>3</sup>/s  (tyydyttävä < 2,5, hyvä < 2,0 ja erinomainen < 1,5)

Kohteessa mitattu ilmanvuotoluku (n50), 1/h

Ilmanvaihtojärjestelmän vuosihyötysuhde, %

### 3. Rakennuksen lämmitysteho, kW / lämmitysteholaskelma (liite 3)

Rakennuksen lämmitysteho, kW

### 4. Rakennuksen jäähdytystarve ja mahdollinen jäähdytysteho / jäähdytysteholaskelma (liite 4)

Rakennuksen jäähdytystarve Kyllä ☐ Ei ☒

Rakennuksen jäähdytysteho, kW

### 5. Rakennuksen energiankulutus, kWh/vuosi / energiankulutuslaskelma (liite 5)

Rakennuksen energiankulutus, kWh/vuosi	<input type="text" value="32726"/>
Rakennuksen ostoenergia, kWh/vuosi	<input type="text" value="31044"/>
Rakennuksen energiankulutus, kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	
Rakennuksen lämmitysenergia	<input type="text" value="22761"/>
Tilojen lämmitysenergia	<input type="text" value="18503"/>
Käyttöveden lämmitysenergia	<input type="text" value="4258"/>
Rakennuksen laitesähkö	<input type="text" value="9965"/>
Rakennuksen jäähdytysenergia	<input type="text" value="0"/>

Rakennuksen energiakulutusjakauma

Kategoria	Prosentti
1 Tilat	57 %
2 Käyttövesi	13 %
3 Laitesähkö	30 %
4 Jäähdytys	0 %

### 6. Energiatodistus, lasketaan Jyväskylän arvoilla / energiatodistus (liite 6)

Rakennuksen ET-luokka (A...G)

Rakennuksen energiatehokkuusluku ET, kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi

ET-luokka	Arvo
A	-150
B	151-170
C	171-190
D	191-230
E	231-270
F	271-320
G	321+

### 7. Rakennuksen lämmitysenergian säästö - % / energiankulutuslaskelma (liite 7)

Rakennuksen lämmitysenergian kulutus kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi

Määräysten vähimmäistason sallima rakennuksen  
 lämmitysenergiankulutus, kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi ns. vertailutaso

Rakennuksen lämmitysenergian säästö - %

### 8. Erityisperustelut, jos poiketaan energiaselvityksen vaatimuksista, esitetään tarvittaessa erillisellä liitteellä 8

## 1. Rakennuksen ominaislämpöhäviötarkastelu

Ilman tiheys: 1,2 kg/m<sup>3</sup>  
 Ilman ominaislämpökapasiteetti: 1 000 Ws/(KgK)  
 Laatumuunnoskerroin m<sup>3</sup>/h > m<sup>3</sup>/s: 3 600

Ilmatilavuus: 725,00 m<sup>3</sup>  
 Julkisivun pinta-ala: 214,81 m<sup>2</sup>  
 Maanpäällinen kerrostasoala: 122,40 m<sup>2</sup>

## Vertailuarvo

## Suunnitteluvarvo

RakennusosatUlkoseinä (enimmäisarvo: 0,60 W/(m<sup>2</sup>K))

$$190,45 \text{ m}^2 \times 0,17 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 32,38 \text{ W/K}$$

Yläpohja (enimmäisarvo: 0,60 W/(m<sup>2</sup>K))

$$85,15 \text{ m}^2 \times 0,09 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 7,66 \text{ W/K}$$

Alapohja (enimmäisarvo: 0,60 W/(m<sup>2</sup>K))

$$116,00 \text{ m}^2 \times 0,16 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 18,56 \text{ W/K}$$

## Ulko-ovi (enimmäisarvo: -)

$$6,00 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 6,00 \text{ W/K}$$

Ikkuna (enimmäisarvo: 1,80 W/(m<sup>2</sup>K))

$$2,91 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 2,91 \text{ W/K}$$

$$4,02 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 4,02 \text{ W/K}$$

$$5,78 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 5,78 \text{ W/K}$$

$$5,64 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 5,64 \text{ W/K}$$

Yhteensä: 415,96 m<sup>2</sup> 82,96 W/K

$$183,60 \text{ m}^2 \times 0,22 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 40,39 \text{ W/K} \quad \text{X}$$

$$85,15 \text{ m}^2 \times 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 11,92 \text{ W/K} \quad \text{X}$$

$$116,00 \text{ m}^2 \times 0,18 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 20,88 \text{ W/K} \quad \text{X}$$

$$6,00 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 6,00 \text{ W/K} \quad \checkmark$$

$$4,00 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 4,00 \text{ W/K} \quad \text{X}$$

$$5,52 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 5,52 \text{ W/K} \quad \text{X}$$

$$7,94 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 7,94 \text{ W/K} \quad \text{X}$$

$$7,75 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 7,75 \text{ W/K} \quad \text{X}$$

415,96 m<sup>2</sup> 104,40 W/K X

Vuotoilma

$$1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1 000 \text{ J/kgK} \times 2,0 / 25 \times 725,00 \text{ m}^3 / 3 600 = 19,33 \text{ W/K}$$

$$1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1 000 \text{ J/kgK} \times 2,0 / 25 \times 725,00 \text{ m}^3 / 3 600 = 19,33 \text{ W/K} \quad \checkmark$$

Vaippa yhteensä: 102,29 W/K

123,74 W/K X

Vaipan ominaislämpöhäviön suhdeluvun maksimi: 1,30

1,21  $\checkmark$

Ilmanvaihto

$$1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1 000 \text{ J/kgK} \times 0,5 \times 725,00 \text{ m}^3 / 3 600 \times (1 - 0,45) = 66,46 \text{ W/K}$$

$$1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1 000 \text{ J/kgK} \times 0,5 \times 725,00 \text{ m}^3 / 3 600 \times (1 - 0,6) = 48,33 \text{ W/K} \quad \checkmark$$

Ilmanvaihtokoneen LTO:n suunnitteluvarvo > 45 %  
 vaaditaan lisäselvitys.

Vertailurakennuksen lämpöhäviötaso: 168,75 W/K

172,07 W/K X

Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso: 143,44 W/K

172,07 W/K X

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta:  $\checkmark$   
 Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala on sama molemmissa ratkaisussa:  $\checkmark$   
 U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia:  $\checkmark$   
 Vaipan suunnittelu- ja vertailuratkaisun ominaislämpöhäviön suhde on enintään 1,30:  $\checkmark$   
 Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen: X  
 Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 % vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä: X

**Suunnitteluratkaisu ei täytä lämpöhäviövaatimuksia**

## 2. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP: 2,00 kW/m<sup>3</sup>/s

### 3. Rakennuksen lämmitysteho

Ilman tiheys:	1,2 kg/m <sup>3</sup>	Säävyöhyke:	II
Ilman ominaislämpökapasiteetti:	1 000 Ws/(KgK)	Mitoittava ulkolämpötila:	-29,0 °C
Laatumuunnoskerroin m <sup>3</sup> /h > m <sup>3</sup> /s:	3 600	Sisälämpötila:	21 °C
Veden tiheys:	1000 kg/m <sup>3</sup>	Kylmän ja lämpimän veden lämpötilaero:	50 °C
Veden ominaislämpökapasiteetti:	4,2 kJ/(KgK)	Huonelämmitysjärjestelmän hyötysuhde:	0,9
Rakennuksen bruttopinta-ala:	199,30 m <sup>2</sup>	IV:n tuloilman lämmitysjärj. hyötysuhde:	0,9
Läm. käyttöveden mitoitusvirtaama:	0,360 l/s	Käyttöveden lämmitysjärj. hyötysuhde:	0,9
Kiertojohdon ominaistehontarve:	0 W/brm <sup>2</sup>		

**Ulkoseinä**  $183,60 \text{ m}^2 \times 0,22 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C}) =$  **2 020 W**

**Yläpohja**  $85,15 \text{ m}^2 \times 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C}) =$  **596 W**

**Alapohja**  $116,00 \text{ m}^2 \times 0,18 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ °C} - 6,0 \text{ °C}) =$  **313 W**

**Ulko-ovi**  $6,00 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C}) =$  **300 W**

**Ikkuna**

$4,00 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C}) =$	<b>200 W</b>
$5,52 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C}) =$	<b>276 W</b>
$7,94 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C}) =$	<b>397 W</b>
$7,75 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C}) =$	<b>388 W</b>

**1 261 W**

**4 489 W**

**Vuotoilma**  $1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1 000 \text{ Ws/(KgK)} \times 2,0 / 25 \times 725,00 \text{ m}^3 / 3 600 \times (21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C}) =$  **967 W**

#### Ilmanvaihto

LTO:n poistoilman lämpötilasuhde =

$21 \text{ °C} - 5 \text{ °C} / 21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C} = 0,320$

$1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1 000 \text{ Ws/(KgK)} \times 0,5 \times 725,00 \text{ m}^3 / 3 600 \times (1 - 0,320) \times (21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C}) =$  **4 108 W**

#### Käyttövesi

Lämpimän käyttöveden kiertojohdon tarvitsema teho =

$0 \text{ W/brm}^2 \times 199,30 \text{ brm}^2 =$  **0 W**

Käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho jatkuvalla lämmitystehontarpeella =

$1 000 \text{ kg/m}^3 \times 4186 \text{ kJ/(KgK)} \times 0,000360 \text{ m}^3/\text{s} \times 50 \text{ °C} =$  **75 348 W**

**75 348 W**

**Huonelämmityksen tehontarve:**  $4 489 \text{ W} + 967 \text{ W} + 4 108 - 0 \text{ W} =$  **9 564 W**

**Ilmanvaihdon tuloilman jälkilämmityspatterin tehontarve:** **0 W**

**Käyttöveden lämmitystehontarve:** **75 348 W**

**Rakennuksen lämmitystehontarve:**  $9 564 \text{ W} / 0,9 + 75 348 \text{ W} / 0,9 =$  **94 347 W**

#### 4. Rakennuksen jäähdytystarve ja mahdollinen jäähdytysteho

Rakennuksen jäähdytysteho: 0 kW

#### 5. Rakennuksen energiankulutus

##### Rakennuksen energiankulutus

Lämmin käyttövesi:	4 258 kWh
Lämmitysjärjestelmä (vesi):	0 kWh
Vaipan johtumishäviöt yht.:	15 905 kWh
Ulkovaipan ilmavuodot:	3 089 kWh
Hallittu ilmanvaihto:	7 747 kWh
Lämmitysjärjestelmä (tila):	7 780 kWh
Hyödynnetty lämpökuorma:	-16 018 kWh

**Rakennuksen lämmitysenergia vertailupaikkakunnalla:** 22 761 kWh

**Rakennuksen lämmitysenergia, paikkakunnalla: Forssa:** 21 079 kWh

**Laitesähkö:** 9 965 kWh

**Tilojen jäähdytys:** 0 kWh

**Kohteen energiatarve, paikkakunnalla: Forssa:** 31 044 kWh

##### Ostoenergiat

Lämmöntuottolaite:	<b>Kaukolämpö</b>
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde:	1,00
Sähköntuotto- ja muuntolaitteen vuosihyötysuhde:	1,00
Kylmäntuottolaitteen vuotuinen lämpökerroin:	1,00

##### **Rakennuksen lämmitysenergian kulutus**

<b>valitulla lämmöntuottolaitteella:</b>	<b>21 079 kWh / 1,00 =</b>	<b>21 079 kWh</b>
<b>Laitteiden sähköenergia:</b>	<b>9 965 kWh / 1,00 =</b>	<b>9 965 kWh</b>
<b>Jäähdytysenergia:</b>	<b>0 kWh / 1,00 =</b>	<b>0 kWh</b>

# ENERGIATODISTUS

## Rakennus

Rakennustyyppi: **Pienet asuinrakennukset**

Osoite: **Merilanraitti 9  
30420 Forssa**

Valmistumisvuosi: **2007**









Rakennustunnus:

Asuntojen lukumäärä: **1**

## Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu

☒ rakennuslupamenettelyn yhteydessä

☐ erillisen tarkastuksen yhteydessä

ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
-150	<b>A</b> 	
151-170	<b>B</b> 	 <b>B</b>
171-190	<b>C</b> 	
191-230	<b>D</b> 	
231-270	<b>E</b> 	
271-320	<b>F</b> 	
321-	<b>G</b> 	
Paljon kuluttava		

Rakennuksen energiatehokkuusluku(ET-luku, kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi):

**165**

Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko: **Pienet asuinrakennukset**

Energiatehokkuusluokitus perustuu rakennuksen laskennalliseen energiankulutukseen.

Todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista.

Todistuksen antaja:

**Jyri Kossila**

Todistuksen tilaaja:

**Petteri Koistinen**

Allekirjoitus:

Todistuksen antamispäivä:

**3.5.2012**

Todistuksen viimeinen voimassaolopäivä:

**3.5.2022**

## ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

## Rakenuksen laajuustiedot

Bruttoala	199,30 brm <sup>2</sup>	Ilmatilavuus	725,00 m <sup>3</sup>
Rakennustilavuus	725,00 rak-m <sup>3</sup>	Henkilömäärä	4
Huoneistoala	164,40 hum <sup>2</sup>		

## Rakenteet

## Rakennusosat

## Ulkoseinät

Pinta-  
ala (m<sup>2</sup>)  
183,60

U-arvo  
(W/m<sup>2</sup>K)  
0,22

## Yläpohja

85,15

0,14

## Alapohja

116,00

0,18

## Ovet

6,00

1,00

## Ikkunat

Pohjoiseen  
Itään  
Etelään  
Länteen

4,00  
5,52  
7,94  
7,75

1,00  
1,00  
1,00  
1,00

g kohtisuora

0,5  
0,5  
0,5  
0,5

F kehä

0,75  
0,75  
0,75  
0,75

Tehollinen lämpökapasiteetti C<sub>rak omin.</sub> 70 Wh(brm<sup>2</sup>K)

## Ilmanvaihto

Rakennuksen ilmanvuotoluku n<sub>50</sub>  
Ilmanvaihdon poistoilmavirta

2,0 1/h  
0,101 m<sup>3</sup>/s

## Vedenkulutus

Lämpimän käyttöveden kulutus

73,00 m<sup>3</sup>/vuosi

Huoneistokohtainen vedenmittaus ja laskutus

kyllä ☒ ei ☐

## Lämmitysjärjestelmät

Lämmönkehitys **Kaukolämpö**  
Sisältää käyttöveden lämmityksen

kyllä ☒ ei ☐

Lämmönjakotapa **Vesikiertoinen lattialämmitys**  
Lämmönvaraajat

Lämpimän käyttöveden kiertojohto

kyllä ☐ ei ☒

Kiertojohtoon on liitetty märkätilojen lämmityslaitteita

kyllä ☐ ei ☒

## Energiatehokkuusluvun laskenta

Lämmitysenergian kulutus

22 761 kWh/vuosi

Laitesähköenergian kulutus

9 965 kWh/vuosi

Jäähdytysenergian kulutus

0 kWh/vuosi

Rakennuksen energiankulutus yhteensä

32 726 kWh/vuosi

Rakennuksen energiatehokkuusluku

165 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi

## YHTEENVETO

### Lämpöhäviöt

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Ulkoseinä:	950	901	709	605	322	177	180	186	379	579	628	838	6 454 kWh
Alapohja:	217	210	249	256	264	241	217	202	180	171	165	186	2 559 kWh
Yläpohja:	280	266	209	179	95	52	53	55	112	171	185	247	1 905 kWh
Ulko-ovet:	141	134	105	90	48	26	27	28	56	86	93	125	959 kWh
Ikkunat:	593	562	442	378	201	111	113	116	237	361	392	523	4 028 kWh
Vuotoilma:	455	431	339	290	154	85	86	89	181	277	301	401	3 089 kWh
Ilmanvaihto:	1 140	1 082	851	726	386	213	216	224	455	695	754	1 006	7 747 kWh

### Käyttövesi

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Käyttövesi:	362	327	362	350	362	350	362	362	350	362	350	362	4 258 kWh

### Lämmitysjärjestelmät

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Lämmitysenergia yhteensä:	3 616	3 283	2 343	1 792	1 098	585	599	606	1 265	1 975	2 398	3 200	22 761 kWh

### Sähkölaitteet

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Laitesähkö:	846	764	846	819	846	819	846	846	819	846	819	846	9 965 kWh

### Lämpökuormat

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Henkilöt:	135	122	135	131	135	131	135	135	131	135	131	135	1 594 kWh
Lämmitysjärjestelmät:	867	867	578	578	289	0	0	0	289	578	867	867	5 780 kWh
Sähkölaitteet:	542	489	542	524	542	524	542	542	524	542	524	542	6 378 kWh
Aurinko:	48	232	381	628	220	248	204	174	111	195	40	19	2 500 kWh

### Jäähdytys

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Jäähdytys:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh

### Yhteensä

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Vaipan johtumishäviöt:	2 181	2 074	1 714	1 506	929	607	590	587	964	1 368	1 464	1 920	15 905 kWh
Sisäiset lämpökuormat:	1 559	1 656	1 690	1 908	1 327	1 123	1 108	1 079	1 188	1 504	1 523	1 531	17 195 kWh
Lämmitysenergia:	3 616	3 283	2 343	1 792	1 098	585	599	606	1 265	1 975	2 398	3 200	22 761 kWh
<b>Kohteen energiatarve:</b>	<b>4 463</b>	<b>4 048</b>	<b>3 190</b>	<b>2 611</b>	<b>1 944</b>	<b>1 404</b>	<b>1 445</b>	<b>1 453</b>	<b>2 084</b>	<b>2 821</b>	<b>3 217</b>	<b>4 047</b>	<b>32 726 kWh</b>





## Energiaselvityksen tulosten yhteenveto

Rakennuskohde:	<input type="text" value="Merilanraitti 9"/>	Osoite:	<input type="text" value="Merilanraitti 9"/>
Rakennustyyppi:	<input type="text" value="Omakotitalo"/>		
Pääsuunnittelija:	<input type="text" value="Jyri Kossila"/>	Pvm:	<input type="text"/>
Selvityksen tekijä:	<input type="text"/>	Pvm:	<input type="text"/>
Rakennuslupa Nro:	<input type="text"/>	Viranomaismerkintöjä:	

### 1. Rakennuksen ominaislämpöhäviötarkastelu / tasauslaskelma (liite 1)

Lämpöhäviö on % tasauslaskelman D3-2010 vertailutasosta	<input type="text" value="69"/> %		
	Kyllä <input checked="" type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>		
Suunnitteluratkaisu täyttää vaatimukset	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 % vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä	Kyllä <input checked="" type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>	85 % Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo
-lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="text" value="143,44"/>	<input type="text" value="116,75"/>
-puolilämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Suunnitteluratkaisu vastaa matalaenergiarakennuksen Lämpöhäviötasoa	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		

### 2. Ilmanvaihtojärjestelmä ja rakennuksen tiiveys (liite 2)

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, SFP, kW/m³/s	<input type="text" value="2,00"/>	(tyydyttävä < 2,5, hyvä < 2,0 ja erinomainen < 1,5)
Kohteessa mitattu ilmanvuotoluku (n50), 1/h	<input type="text" value="1,0"/>	
Ilmanvaihtojärjestelmän vuosihyötysuhde, %	<input type="text" value="60"/>	

### 3. Rakennuksen lämmitysteho, kW / lämmitysteholaskelma (liite 3)

Rakennuksen lämmitysteho, kW	<input type="text" value="68,04"/>
------------------------------	------------------------------------

### 4. Rakennuksen jäähdytystarve ja mahdollinen jäähdytysteho / jäähdytysteholaskelma (liite 4)

Rakennuksen jäähdytystarve	Kyllä <input type="checkbox"/> Ei <input checked="" type="checkbox"/>
Rakennuksen jäähdytysteho, kW	<input type="text" value="0"/>

### 5. Rakennuksen energiankulutus, kWh/vuosi / energiankulutuslaskelma (liite 5)

Rakennuksen energiankulutus, kWh/vuosi	<input type="text" value="25787"/>	Rakennuksen energiakulutusjakauma
Rakennuksen ostoenergia, kWh/vuosi	<input type="text" value="11795"/>	
Rakennuksen energiankulutus, kWh/brm²/vuosi		
Rakennuksen lämmitysenergia	<input type="text" value="15822"/>	
Tilojen lämmitysenergia	<input type="text" value="11564"/>	
Käyttöveden lämmitysenergia	<input type="text" value="4258"/>	
Rakennuksen laitesähkö	<input type="text" value="9965"/>	
Rakennuksen jäähdytysenergia	<input type="text" value="0"/>	

Tilat	Prosentti
1 Tilat	45 %
2 Käyttövesi	17 %
3 Laitesähkö	39 %
4 Jäähdytys	0 %

### 6. Energiatodistus, lasketaan Jyväskylän arvoilla / energiatodistus (liite 6)

Rakennuksen ET-luokka (A...G)	<input type="text" value="130"/>	
Rakennuksen energiatehokkuusluku ET, kWh/brm²/vuosi	<input type="text" value="A"/>	

### 7. Rakennuksen lämmitysenergian säästö - % / energiankulutuslaskelma (liite 7)

Rakennuksen lämmitysenergian kulutus kWh/brm²/vuosi	<input type="text" value="117"/>
Määräysten vähimmäistason sallima rakennuksen lämmitysenergiankulutus, kWh/brm²/vuosi ns. vertailutaso	<input type="text" value="169"/>
Rakennuksen lämmitysenergian säästö - %	<input type="text" value="32"/>

### 8. Erityisperustelut, jos poiketaan energiaselvityksen vaatimuksista, esitetään tarvittaessa erillisellä liitteellä 8

## 1. Rakennuksen ominaislämpöhviötarkastelu

Ilman tiheys: 1,2 kg/m<sup>3</sup>  
 Ilman ominaislämpökapasiteetti: 1 000 Ws/(KgK)  
 Laatumuunnoskerroin m<sup>3</sup>/h > m<sup>3</sup>/s: 3 600

Ilmatilavuus: 725,00 m<sup>3</sup>  
 Julkisivun pinta-ala: 214,81 m<sup>2</sup>  
 Maanpäällinen kerrostasoala: 122,40 m<sup>2</sup>

## Vertailuarvo

## Suunnitteluvarvo

RakennusosatUlkoseinä (enimmäisarvo: 0,60 W/(m<sup>2</sup>K))

$$190,45 \text{ m}^2 \times 0,17 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 32,38 \text{ W/K}$$

Yläpohja (enimmäisarvo: 0,60 W/(m<sup>2</sup>K))

$$85,15 \text{ m}^2 \times 0,09 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 7,66 \text{ W/K}$$

Alapohja (enimmäisarvo: 0,60 W/(m<sup>2</sup>K))

$$116,00 \text{ m}^2 \times 0,16 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 18,56 \text{ W/K}$$

## Ulko-ovi (enimmäisarvo: -)

$$6,00 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 6,00 \text{ W/K}$$

Ikkuna (enimmäisarvo: 1,80 W/(m<sup>2</sup>K))

$$2,91 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 2,91 \text{ W/K}$$

$$4,02 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 4,02 \text{ W/K}$$

$$5,78 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 5,78 \text{ W/K}$$

$$5,64 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 5,64 \text{ W/K}$$

Yhteensä: 415,96 m<sup>2</sup> 82,96 W/K

Vuotoilma

$$1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1 000 \text{ J/kgK} \times 2,0 / 25 \times 725,00 \text{ m}^3 / 3 600 = 19,33 \text{ W/K}$$

Vaippa yhteensä: 102,29 W/K

Vaipan ominaislämpöhviön suhdeluvun maksimi: 1,30

Ilmanvaihto

$$1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1 000 \text{ J/kgK} \times 0,5 \times 725,00 \text{ m}^3 / 3 600 \times (1 - 0,45) = 66,46 \text{ W/K}$$

Vertailurakennuksen lämpöhviötaso: 168,75 W/K

Matalaenergiarakennuksen lämpöhviötaso: 143,44 W/K

$$183,60 \text{ m}^2 \times 0,09 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 16,52 \text{ W/K} \quad \checkmark$$

$$85,15 \text{ m}^2 \times 0,07 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 5,96 \text{ W/K} \quad \checkmark$$

$$116,00 \text{ m}^2 \times 0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 11,60 \text{ W/K} \quad \checkmark$$

$$6,00 \text{ m}^2 \times 0,75 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 4,50 \text{ W/K} \quad \checkmark$$

$$4,00 \text{ m}^2 \times 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 3,20 \text{ W/K} \quad \times$$

$$5,52 \text{ m}^2 \times 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 4,42 \text{ W/K} \quad \times$$

$$7,94 \text{ m}^2 \times 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 6,35 \text{ W/K} \quad \times$$

$$7,75 \text{ m}^2 \times 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 6,20 \text{ W/K} \quad \times$$

415,96 m<sup>2</sup> 58,75 W/K  $\checkmark$

$$1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1 000 \text{ J/kgK} \times 1,0 / 25 \times 725,00 \text{ m}^3 / 3 600 = 9,67 \text{ W/K} \quad \checkmark$$

Ilmanvuotoluvun suunnitteluvarvolle < 2,0 vaaditaan lisäselvitys

68,42 W/K  $\checkmark$

0,67  $\checkmark$

$$1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1 000 \text{ J/kgK} \times 0,5 \times 725,00 \text{ m}^3 / 3 600 \times (1 - 0,6) = 48,33 \text{ W/K} \quad \checkmark$$

Ilmanvaihtokoneen LTO:n suunnitteluvarvolle > 45 %  
vaaditaan lisäselvitys.

116,75 W/K  $\checkmark$

116,75 W/K  $\checkmark$

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta:  $\checkmark$

Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala on sama molemmissa ratkaisuissa:  $\checkmark$

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia:  $\checkmark$

Vaipan suunnittelu- ja vertailuratkaisun ominaislämpöhviön suhde on enintään 1,30:  $\checkmark$

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen:  $\checkmark$

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhviö on enintään 85 % vertailuratkaisun ominaislämpöhviöstä:  $\checkmark$

**Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhviövaatimukset ja vastaa matalaenergiarakennuksen lämpöhviötasoa**

## 2. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP: 2,00 kW/m<sup>3</sup>/s

### 3. Rakennuksen lämmitysteho

Ilman tiheys:	1,2 kg/m <sup>3</sup>	Säävyöhyke:	II
Ilman ominaislämpökapasiteetti:	1 000 Ws/(KgK)	Mitoittava ulkolämpötila:	-29,0 °C
Laatumuunnoskerroin m <sup>3</sup> /h > m <sup>3</sup> /s:	3 600	Sisälämpötila:	21 °C
Veden tiheys:	1000 kg/m <sup>3</sup>	Kylmän ja lämpimän veden lämpötilaero:	50 °C
Veden ominaislämpökapasiteetti:	4,2 kJ/(KgK)	Huonelämmitysjärjestelmän hyötysuhde:	0,9
Rakennuksen bruttopinta-ala:	199,30 m <sup>2</sup>	IV:n tuloilman lämmitysjärj. hyötysuhde:	0,9
Läm. käyttöveden mitoitusvirtaama:	0,360 l/s	Käyttöveden lämmitysjärj. hyötysuhde:	0,9
Kiertojohdon ominaistehontarve:	0 W/brm <sup>2</sup>		

<b>Ulkoseinä</b>	$183,60 \text{ m}^2 \times 0,09 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C}) =$	<b>826 W</b>
<b>Yläpohja</b>	$85,15 \text{ m}^2 \times 0,07 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C}) =$	<b>298 W</b>
<b>Alapohja</b>	$116,00 \text{ m}^2 \times 0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ °C} - 6,0 \text{ °C}) =$	<b>174 W</b>
<b>Ulko-ovi</b>	$6,00 \text{ m}^2 \times 0,75 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C}) =$	<b>225 W</b>
<b>Ikkuna</b>	$4,00 \text{ m}^2 \times 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C}) =$ $5,52 \text{ m}^2 \times 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C}) =$ $7,94 \text{ m}^2 \times 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C}) =$ $7,75 \text{ m}^2 \times 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C}) =$	<b>160 W</b> <b>221 W</b> <b>318 W</b> <b>310 W</b>
		<b>1 008 W</b>
		<b>2 532 W</b>
<b>Vuotoilma</b>	$1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1 000 \text{ Ws/(KgK)} \times 1,0 / 25 \times 725,00 \text{ m}^3 / 3 600 \times (21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C}) =$	<b>483 W</b>
<b>Ilmanvaihto</b>	LTO:n poistoilman lämpötilasuhde = $21 \text{ °C} - 5 \text{ °C} / 21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C} = 0,320$ $1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1 000 \text{ Ws/(KgK)} \times 0,5 \times 725,00 \text{ m}^3 / 3 600 \times (1 - 0,320) \times (21 \text{ °C} - (-29,0) \text{ °C}) =$	<b>4 108 W</b>
<b>Käyttövesi</b>	Lämpimän käyttöveden kiertojohdon tarvitsema teho = $0 \text{ W/brm}^2 \times 199,30 \text{ brm}^2 =$  Käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho jatkuvalla lämmitystehontarpeella = $1 000 \text{ kg/m}^3 \times 4186 \text{ kJ/(KgK)} \times 0,000360 \text{ m}^3/\text{s} \times 50 \text{ °C} =$	<b>0 W</b>  <b>75 348 W</b>
		<b>75 348 W</b>

<b>Huonelämmityksen tehontarve:</b>	$2 532 \text{ W} + 483 \text{ W} + 4 108 - 0 \text{ W} =$	<b>7 123 W</b>
<b>Ilmanvaihdon tuloilman jälkilämmityspatterin tehontarve:</b>		<b>0 W</b>
<b>Käyttöveden lämmitystehontarve:</b>		<b>75 348 W</b>
<b>Rakennuksen lämmitystehontarve:</b>	$7 123 \text{ W} / 0,9 + 75 348 \text{ W} / 0,9 =$	<b>91 635 W</b>

#### 4. Rakennuksen jäähdytystarve ja mahdollinen jäähdytysteho

Rakennuksen jäähdytysteho: 0 kW

#### 5. Rakennuksen energiankulutus

##### Rakennuksen energiankulutus

Lämmin käyttövesi:	4 258 kWh
Lämmitysjärjestelmä (vesi):	0 kWh
Vaipan johtumishäviöt yht.:	8 956 kWh
Ulkovaipan ilmavuodot:	1 545 kWh
Hallittu ilmanvaihto:	7 747 kWh
Lämmitysjärjestelmä (tila):	7 780 kWh
Hyödynnetty lämpökuorma:	-14 463 kWh

**Rakennuksen lämmitysenergia vertailupaikkakunnalla: 15 822 kWh**

**Rakennuksen lämmitysenergia, paikkakunnalla: Forssa: 14 771 kWh**

**Laitesähkö: 9 965 kWh**

**Tilojen jäähdytys: 0 kWh**

**Kohteen energiatarve, paikkakunnalla: Forssa: 24 736 kWh**

##### Ostoenergiat

Lämmöntuottolaite:	Maalämpöpumppu
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde:	2,50
Sähköntuotto- ja muuntolaitteen vuosihyötysuhde:	1,00
Kylmäntuottolaitteen vuotuinen lämpökerroin:	1,00

##### **Rakennuksen lämmitysenergian kulutus**

<b>valitulla lämmöntuottolaitteella:</b>	<b>14 771 kWh / 2,50 =</b>	<b>5 908 kWh</b>
<b>Laitteiden sähköenergia:</b>	<b>9 965 kWh / 1,00 =</b>	<b>9 965 kWh</b>
<b>Jäähdytysenergia:</b>	<b>0 kWh / 1,00 =</b>	<b>0 kWh</b>

# ENERGIATODISTUS

## Rakennus

Rakennustyyppi: **Pienet asuinrakennukset**

Osoite: **Merilanraitti 9  
30420 Forssa**

Valmistumisvuosi: **2007**









Rakennustunnus:

Asuntojen lukumäärä: **1**

## Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu

☒ rakennuslupamenettelyn yhteydessä

☐ erillisen tarkastuksen yhteydessä

ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
-150	<b>A</b> 	 <b>A</b>
151-170	<b>B</b> 	
171-190	<b>C</b> 	
191-230	<b>D</b> 	
231-270	<b>E</b> 	
271-320	<b>F</b> 	
321-	<b>G</b> 	
<b>Paljon kuluttava</b>		

Rakennuksen energiatehokkuusluku(ET-luku, kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi):

**130**

Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko: **Pienet asuinrakennukset**

Energiatehokkuusluokitus perustuu rakennuksen laskennalliseen energiankulutukseen.

Todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista.

Todistuksen antaja:

**Jyri Kossila**

Todistuksen tilaaja:

**Petteri Koistinen**

Allekirjoitus:

Todistuksen antamispäivä:

**3.5.2012**

Todistuksen viimeinen voimassaolopäivä:

**3.5.2022**

# ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

## Rakenuksen laajuustiedot

<b>Bruttoala</b>	<b>199,30 brm<sup>2</sup></b>	<b>Ilmatilavuus</b>	<b>725,00 m<sup>3</sup></b>
<b>Rakennustilavuus</b>	<b>725,00 rak-m<sup>3</sup></b>	<b>Henkilömäärä</b>	<b>4</b>
<b>Huoneistoala</b>	<b>164,40 hum<sup>2</sup></b>		

## Rakenteet

### Rakennusosat

	<b>Pinta- ala (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U-arvo (W/m<sup>2</sup>K)</b>		
<b>Ulkoseinät</b>	<b>183,60</b>	<b>0,09</b>		
<b>Yläpohja</b>	<b>85,15</b>	<b>0,07</b>		
<b>Alapohja</b>	<b>116,00</b>	<b>0,10</b>		
<b>Ovet</b>	<b>6,00</b>	<b>0,75</b>		
<b>Ikkunat</b>			<b>g</b> kohtisuora	<b>F</b> kehä
Pohjoiseen	<b>4,00</b>	<b>0,80</b>	<b>0,45</b>	<b>0,75</b>
Itään	<b>5,52</b>	<b>0,80</b>	<b>0,45</b>	<b>0,75</b>
Etelään	<b>7,94</b>	<b>0,80</b>	<b>0,45</b>	<b>0,75</b>
Länteen	<b>7,75</b>	<b>0,80</b>	<b>0,45</b>	<b>0,75</b>

**Tehollinen lämpökapasiteetti C<sub>rak omin.</sub> 70 Wh(brm<sup>2</sup>K)**

## Ilmanvaihto

Rakennuksen ilmanvuotoluku n <sub>50</sub>	<b>1,0 1/h</b>
Ilmanvaihdon poistoilmavirta	<b>0,101 m<sup>3</sup>/s</b>

## Vedenkulutus

Lämpimän käyttöveden kulutus	<b>73,00 m<sup>3</sup>/vuosi</b>
Huoneistokohtainen vedenmittaus ja laskutus	kyllä <input checked="" type="checkbox"/> ei <input type="checkbox"/>

## Lämmitysjärjestelmät

Lämmönkehitys	<b>Maalämpöpumppu</b>	kyllä <input checked="" type="checkbox"/> ei <input type="checkbox"/>
Sisältää käyttöveden lämmityksen		
Lämmönjakotapa	<b>Vesikiertoinen lattialämmitys</b>	
Lämmönvaraajat		
Lämpimän käyttöveden kiertojohto		kyllä <input type="checkbox"/> ei <input checked="" type="checkbox"/>
Kiertojohtoon on liitetty märkätilojen lämmityslaitteita		kyllä <input type="checkbox"/> ei <input checked="" type="checkbox"/>

## Energiatohokkuusluvun laskenta

Lämmitysenergian kulutus	<b>15 822 kWh/vuosi</b>
Laitesähköenergian kulutus	<b>9 965 kWh/vuosi</b>
Jäähdytysenergian kulutus	<b>0 kWh/vuosi</b>
Rakennuksen energiankulutus yhteensä	<b>25 787 kWh/vuosi</b>
<b>Rakennuksen energiatohokkuusluku</b>	<b>130 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi</b>

## YHTEENVETO

### Lämpöhäviöt

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Ulkoseinä:	388	369	290	247	132	73	74	76	155	237	257	343	2 640 kWh
Alapohja:	121	117	138	142	147	134	121	112	100	95	92	104	1 422 kWh
Yläpohja:	140	133	105	89	47	26	27	27	56	85	93	124	952 kWh
Ulko-ovet:	106	100	79	67	36	20	20	21	42	65	70	93	719 kWh
Ikkunat:	474	450	354	302	161	89	90	93	189	289	314	419	3 223 kWh
Vuotoilma:	227	216	170	145	77	42	43	45	91	139	150	201	1 545 kWh
Ilmanvaihto:	1 140	1 082	851	726	386	213	216	224	455	695	754	1 006	7 747 kWh

### Käyttövesi

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Käyttövesi:	362	327	362	350	362	350	362	362	350	362	350	362	4 258 kWh

### Lämmitysjärjestelmät

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Lämmitysenergia yhteensä:	2 445	2 192	1 503	1 213	844	516	534	534	878	1 328	1 666	2 170	15 822 kWh

### Sähkölaitteet

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Laitesähkö:	846	764	846	819	846	819	846	846	819	846	819	846	9 965 kWh

### Lämpökuormat

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Henkilöt:	135	122	135	131	135	131	135	135	131	135	131	135	1 594 kWh
Lämmitysjärjestelmät:	867	867	578	578	289	0	0	0	289	578	867	867	5 780 kWh
Sähkölaitteet:	542	489	542	524	542	524	542	542	524	542	524	542	6 378 kWh
Aurinko:	43	209	343	566	198	223	183	157	100	175	36	17	2 250 kWh

### Jäähdytys

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Jäähdytys:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh

### Yhteensä

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Vaipan johtumishäviöt:	1 229	1 169	965	848	522	341	331	330	543	771	825	1 082	8 956 kWh
Sisäiset lämpökuormat:	1 554	1 632	1 652	1 846	1 305	1 098	1 088	1 061	1 177	1 484	1 519	1 529	16 945 kWh
Lämmitysenergia:	2 445	2 192	1 503	1 213	844	516	534	534	878	1 328	1 666	2 170	15 822 kWh
<b>Kohteen energiatarve:</b>	<b>3 292</b>	<b>2 957</b>	<b>2 349</b>	<b>2 032</b>	<b>1 690</b>	<b>1 335</b>	<b>1 380</b>	<b>1 380</b>	<b>1 697</b>	<b>2 174</b>	<b>2 485</b>	<b>3 016</b>	<b>25 787 kWh</b>